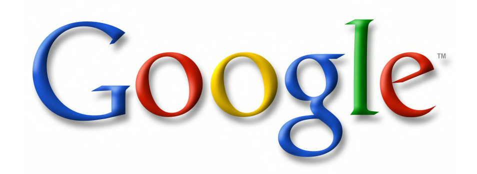




Die **„Sammlung Vieweg“** hat sich die Aufgabe gestellt, Wissens- und Forschungsgebiete, Theorien, chemisch-technische Verfahren usw., die im Stadium der Entwicklung stehen, durch zusammenfassende Behandlung unter Beifügung der wichtigsten Literaturangaben weiteren Kreisen bekanntzumachen und ihren **augenblicklichen Entwicklungsstand zu beleuchten.** Sie will dadurch die Orientierung erleichtern und die Richtung zu zeigen suchen, welche die weitere Forschung einzuschlagen hat.

Als Herausgeber der einzelnen Gebiete, auf welche sich die Sammlung Vieweg zunächst erstreckt, sind tätig und zwar für:

Physik (theoretische und praktische, und mathematische Probleme):

Herr Professor **Dr. Karl Scheel,** Physikal.-Techn. Reichsanstalt, Charlottenburg;

Kosmische Physik (Astrophysik, Meteorologie und wissenschaftliche Luftfahrt — Aerologie — Geophysik):

Herr Geh. Reg.-Rat Professor **Dr. med. et phil. R. Assmann,** Königl. Aeronaut. Observatorium Lindenberg (Kr. Beeskow);

Chemie (Allgemeine, Organische und Anorganische Chemie, Physikal. Chemie, Elektrochemie, Technische Chemie, Chemie in ihrer Anwendung auf Künste und Gewerbe, Photochemie, Metallurgie, Bergbau):

Herr Professor **Dr. B. Neumann,** Techn. Hochschule, Breslau;

Technik (Elektro-, Maschinen-, Schiffbautechnik, Flugtechnik, Motoren, Brückenbau):

Herr Professor **Dr.-Ing. h. c. Fritz Emde,** Techn. Hochschule, Stuttgart;

Biologie (Allgemeine Biologie der Tiere und Pflanzen, Biophysik, Biochemie, Immunitätsforschung, Pharmakodynamik, Chemotherapie):

Herr Professor **Dr. phil. et m**[illegible] Berlin-Grunewald.

DIE FLÜSSIGEN BRENNSTOFFE

Ihre Bedeutung und Beschaffung

VON

ED. DONATH UND A. GRÖGER

O. Ö. PROFESSOR DOZENT

AN DER DEUTSCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN BRÜNN

MIT EINER TEXTABBILDUNG



DRUCK UND VERLAG VON FRIEDR. VIEWEG & SOHN

BRAUNSCHWEIG 1914

Inhalt.

Quellenangaben.

Als Quellen wurden neben den allgemeinen chemischen und chemisch-technologischen Zeitschriften hauptsächlich benutzt:

Technik und Wirtschaft.
Petroleum.
Der Ölmotor.
Chemische Industrie.
Chemische Revue.
Zeitschrift des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins.
Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure.
Holde: Untersuchung der Kohlenwasserstofföle und Fette.
Scheithauer: Die Schwelteere usw.
Schmitz: Die flüssigen Brennstoffe.
Simmersbach: Die Koksfeuerung.
Sussmann: Ölfeuerungen für Lokomotiven.

1. Einleitung.

Eine der nächsten und wichtigsten Aufgaben der Brennstofftechnik ist die Beschaffung hinreichender Quantitäten von flüssigen Brennstoffen. Die Anwendung derselben in den verschiedensten Gebieten der Technik hat in den letzten Jahren eine rapide Steigerung erfahren, welche sich auch voraussichtlich erhalten wird. Die Ursachen hierfür sind mehrfache:

Erstens hat mit Rücksicht auf die vielen Vorteile, welche die Verwendung flüssiger Brennstoffe bietet, im allgemeinen die Verbrennung von solchen zur Erzeugung von Wärme in der Metallurgie und chemischen Industrie und auch für motorische Zwecke, zur Kesselheizung, bei Schiffen und Eisenbahnen usw. sehr zugenommen.

Zweitens ist in den letzten Jahrzehnten die Kolbendampfmaschine zum Teil durch Motorensysteme verdrängt worden, welche eine viel bessere Ausnutzung der kalorischen Energie der Brennstoffe gestatten als erstere. Durch die außerordentliche Verbreitung, die in der letzten Zeit diese mit flüssigen Brennstoffen arbeitenden Verbrennungskraftmaschinen, insbesondere die Gleichdruck-(Diesel-)Maschinen genommen haben, gewannen jene eine namentlich erhöhte Bedeutung. Die für diesen Zweck dienenden Öle erhielten zum Unterschied von den Heizölen von Kutzbach den Namen Treiböle; Constam und Schläpfer nennen sie vielleicht noch bezeichnender Kraftöle.

An der Spitze dieser mit flüssigen Brennstoffen betriebenen Motoren, den Ölmotoren, steht der genannte Dieselmotor, der nicht nur in der Industrie schon eine große Verbreitung gefunden hat, sondern in neuester Zeit auch auf großen Handels- und Kriegsschiffen usw. in Anwendung steht[1]). Es ist mit Sicherheit

[1]) Siehe Diesel, „Überblick über den heutigen Stand des Baues von Dieselmotoren und dessen Bedeutung für die Weltindustrie". Ölmotor 1912, S. 11. „Die Motorenschiffahrt in den Kolonien." Ebenda, S. 119.

anzunehmen, daß die Verwendung dieser und anderer derartiger Motoren, wie der von Trinkler, Haselwander, Bolinder u. a. auch weiterhin zunehmende Verbreitung finden wird[1]) und schon aus diesem Grunde allein wird die Produktion flüssiger Brennstoffe zunehmen müssen, wenn die Preise derselben nicht stetig allzu stark in die Höhe gehen sollen.

Die dritte Ursache ist der Automobilismus. Dieser hat sich verhältnismäßig sehr rasch als Verkehrsmittel, speziell für die Personenbeförderung, entwickelt, und viele Hunderte, ja Tausende von Automobilen durchschwirren heute schon die Straßen der Städte oder befahren die Landstraße. In Paris wurden vor kurzem die letzten Omnibuspferde mit einer gewissen Feierlichkeit außer Dienst gesetzt, da jetzt nur Autoomnibusse (mit Dieselmotoren und Benzolbetrieb) in Verwendung sind, und auch der Omnibusverkehr anderer großer Städte (Berlin, Wien) wird über kurz oder lang durch Autoomnibusse übernommen werden. Auch die Zahl der Lastenautomobile ist sichtlich in Zunahme begriffen, da sich der Frachtenverkehr selbst schon in kleineren Städten ihrer bedient, und es ist zweifellos, daß der Automobilismus auch in dieser Richtung, sowie zur Trainbeförderung und anderen Zwecken in den Armeen eine bedeutende Zukunft hat. Alle diese Verkehrsmittel wurden noch bis vor kurzem fast ausschließlich mit Explosionsmotoren und einem Erdölprodukt, dem Benzin, als Treibmittel betrieben. Dies wird sich jedoch sehr ändern, wenn der Automobilismus für gewisse Zwecke die Dieselmotoren oder Verbrennungskraftmaschinen überhaupt als Betriebsmaschinen benutzen wird.

Eine vierte Ursache endlich ist die Flugtechnik, welche, trotzdem sie sich erst in den Anfangsstadien einer großen Entwickelung befindet, ebenfalls schon beträchtliche Mengen flüssigen Brennstoffes verbraucht. Sie ist derzeit auf das sogenannte Leichtbenzin, ein Erdölprodukt von bestimmtem niedrigen spezifischen Gewicht, angewiesen, da nur dieses allen Anforderungen in bezug auf hinreichende Leichtigkeit, große Verbrennungswärme und Explosivität entspricht, weshalb es bisher noch nicht möglich war, dasselbe durch einen anderen Stoff von gleichen Eigenschaften zu ersetzen.

---

[1]) Siehe „Neuerungen auf dem Gebiete der Ölmotoren". Ölmotor 1912, S. 22.

Bis vor etwa 20 Jahren hatte das Benzin nur eine beschränkte Verwendung und infolgedessen einen relativ sehr geringen Preis. Das sogenannte Hydrür wurde zur Erzeugung von Luftgas, das spezifisch schwerere Benzin namentlich in den chemischen Wäschereien und zur Fettextraktion verwendet. Erst die außerordentlich rasche Entwickelung des Automobilismus und die Aviatik hatten eine rapide Steigerung der Benzinpreise zur Folge, so daß gegen diese Preissteigerung sogar Ringe und Genossenschaften gebildet wurden.

Wie Groeling[1]) anführt, sahen noch im Jahre 1889 die österreichischen Petroleumraffinerien das Benzin als lästiges Nebenprodukt ohne besondere Verwendung im Lande an und waren froh, es franko Oderberg um 3 ℳ pro 100 kg loszuwerden. Wegen seiner Verwendung in den chemischen Wäschereien wurde es geringschätzend „Waschwasser“ genannt. Zurzeit wird es je nach seinem spezifischen Gewicht mit 47 bis selbst 120 K pro 100 kg (Hydrür) bezahlt.

Im Jahre 1896 hatte Groeling eine Destillationsanlage für Sumatra zu entwerfen, wobei ihm als großer Übelstand des betreffenden Erdöles ein sehr reicher Benzingehalt (über 40 Proz.) bezeichnet wurde, und in der Tat wurde dieses „unverkäufliche“ Erzeugnis früher am Strande der Sundainseln nutzlos verbrannt. Erst im Jahre 1902 dachte die betreffende Gesellschaft daran, Benzin nach Europa zu bringen und daselbst zu rektifizieren, und 1903 wurde die erste Benzinrektifikation in Rotterdam errichtet. Seitdem hat sich das Benzingeschäft der Gesellschaft lawinenartig vergrößert und liefert enorme Reichtümer.

Die Verteuerung des Benzins ist übrigens, wie dies Heller[2]) betont, nicht so sehr infolge von Preistreibereien der beteiligten Verkaufsgesellschaften eingetreten, sondern infolge des verhältnismäßigen Rückganges an Ausbeute. Hauptsächlich waren es die Vereinigten Staaten, die bisher etwa 80 Proz. des Weltbedarfes an Benzin gedeckt haben, und deren Lieferung von Benzin an den Weltmarkt abgenommen hat. Auf der einen Seite hat sich der Verbrauch von Benzin in den Vereinigten Staaten infolge der ungeheuren Zunahme des Motorwagenverkehrs dortselbst stark

---

[1]) Deutsch-Österreich 1913, S. 114.

[2]) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1914, S. 22.

erhöht, auf der anderen Seite ist die Benzinerzeugung geringer geworden, obgleich die Rohölausbeute das nicht erkennen läßt. Tatsächlich ist die Zunahme in der Rohölausbeute der Vereinigten Staaten in den letzten Jahren vornehmlich auf die Rechnung der kalifornischen Erdölfelder zu setzen, die fast gar kein Benzin abgeben. Einen ähnlichen Rückgang der Benzinausbeute kann man bei den Erdölfeldern anderer Länder beobachten, und es scheint, daß die vorhandenen Bohrlöcher mit fortschreitender Förderung immer schwereres Erdöl, also verhältnismäßig immer weniger Benzin liefern, während die Erschließung neuer Quellen hiermit nicht Schritt hält. Ungeachtet der Zunahme im Benzinverbrauch hat sich also eine Abnahme an Benzinausbeute ergeben, die die eingetretene Teuerung ohne weiteres erklärt. Man hat allerdings dem Rückgang an Benzinausbeute durch Verbesserungen in den Verfahren zum Verarbeiten von Rohöl auf Benzin zu steuern versucht. Zu erwähnen ist hier insbesondere die Behandlung schwer siedender Bestandteile des Rohöles unter Druck bei hohen Temperaturen, die sogenannten Crackingverfahren. Ferner hat man auch versucht, die Erdgase unter Druck zu verflüssigen und so in benzinartige Brennstoffe umzuwandeln [1]). Allein alle diese Wege haben sich bisher nicht als ergiebig genug erwiesen. Wenn man endlich noch in Betracht zieht, daß auch für die schweren Erdölbestandteile durch die gesteigerte Anwendung der Dieselmaschine eine immer zunehmende nutzbringende Verwertung gefunden worden ist, so kann man es als ziemlich ausgeschlossen erklären, daß die Benzinpreise jemals wieder auf ihren früheren niedrigen Stand zurückkehren könnten.

Wie der Benzinbedarf mit jedem Jahre steigt, wird auch durch folgende Zahlen illustriert: In England ist der Preis einschließlich der Abgabe derzeit doppelt so hoch, wie er in den Jahren 1903 bis 1905 war. Der Preis beträgt heute in Waggonladungen 1 sh 3 d pro Gallone und der Einzelverkaufspreis 1 sh 7 d bis 1 sh 9 d pro Gallone. Während in England im Jahre 1903 9 902 545 Gallonen Benzin für Motorenbetrieb eingeführt wurden, betrug die Summe im Jahre 1912 79 590 155 Gallonen. Das ist eine Steigerung im Laufe von neun Jahren von 700 Proz. Während der ersten acht Monate des Jahres 1912 betrug der Import von

---

[1]) Siehe hierzu S. 40.

Benzin 52 549 041 Gallonen, im gleichen Zeitraum 1913 schon 63 561 888 Gallonen. Der Gesamtwert des im Jahre 1913 eingeführten Benzins wird auf etwa 170 Mill. ℳ geschätzt. Allein die Londoner Omnibus-Company braucht jährlich jetzt 12 Mill. Gallonen im Preise von etwa 15 Mill. ℳ.

Die enorm gestiegenen Benzinpreise haben auch schon mehrfach zur Ausschreibung beträchtlicher Preise Veranlassung gegeben. Die Chem.-Ztg. (1913, S. 199) berichtet: Das Ausschreiben eines Preises von 500 000 Frs. für einen neuen Betriebsstoff für Explosionsmotoren an Stelle von Benzin wurde vom Verband der international anerkannten Automobilklubs in Paris in Erwägung gezogen. Behufs Ausarbeitung der näheren Bestimmungen wurde eine Kommission eingesetzt.

In den Tagesblättern wurde kürzlich über ein zweites Preisausschreiben für einen Benzinersatz berichtet. Die Society of Motor Manufactures and Traders in London hat einen Preis von 2000 Guineen ausgesetzt für einen im Inland erzeugten Betriebsstoff zum Betriebe von Motorfahrzeugen. Bedingung ist unter anderem, daß der Betriebsstoff ganz aus Materialien besteht, die im Inlande erhältlich sind, daß er zu einem konkurrenzfähigen Preise auf den Markt gebracht werden kann, und daß er in ausreichenden Mengen, um eine regelmäßige und unbegrenzte Zufuhr zu garantieren, erhältlich ist.

Da nun derzeit ein ausreichender Ersatz für die so vortreffliche Eigenschaften zeigenden Erdölfraktionen speziell, wie erwähnt, bei der Aviatik noch nicht bekannt ist, so ist daher wahrscheinlich noch eine gewisse stetige Steigerung des Preises zu gewärtigen. Soll derselben entgegengetreten werden, so muß man das Erdöl und die aus diesem erzeugten im Automobilwesen verwendeten Fraktionen überall dort durch andere Brennstoffe ersetzen, wo die Konstruktion der betreffenden Motoren dies zuläßt, und das ist ja in sehr vielen Fällen möglich. Solche Brennstoffe sind in erster Linie das Benzol, sowie gewisse, sowohl aus Steinkohlen als auch aus Braunkohlen erzeugte Teeröle, deren qualitativ verbesserte Erzeugung auch in manchen Staaten quantitativ so bedeutend ist, daß man an einen Ersatz des Erdöles denken kann, dessen Produktion ja bekanntlich auf gewisse Staaten beschränkt ist. Besondere Beachtung verdient ferner als Brennstoff für Motorfahrzeuge auch das aus dem Steinkohlenteer in

größeren Mengen gewinnbare Naphthalin wegen seines billigen Preises.

Zum Betriebe von Dieselmotoren können weiter nach Diesel[1]) auch fette Öle mit vollem Erfolg verwendet werden; Erfahrungen darüber liegen mit Arachidenöl (Erdnußöl), Ricinusöl und auch Fischtran vor. Diesel prognostiziert den fetten Ölen in den Kolonien, in welchen weder Erdöl noch Kohlen vorkommen, als Brennstoff für Motoren eine große Zukunft. Aber auch für andere Länder, die wenig flüssige Brennstoffe produzieren, dürften fette Öle, die ja jedes Jahr in bedeutender Menge mittels Pflanzen durch die Sonnenenergie erzeugt werden können, als in der Zukunft sehr wahrscheinlich konkurrenzfähig mit den anderen flüssigen Brennstoffen werden, und wenn dies für unsere Verhältnisse gegenwärtig zwar noch als „Zukunftsmusik" erscheint, so ist die Möglichkeit doch vorhanden, daß in absehbarer Zeit die Produktion ölliefernder Pflanzen für die Landwirtschaft auch in den gemäßigten Klimaten wieder von größerer Bedeutung werden wird.

Wenn man den Dieselmotor zum Betriebe von Lastautomobilen oder Automobilen für größere Personenzahlen allgemeiner anwenden wird, dann wird der Bedarf an flüssigen Brennstoffen, also auch an Benzol und Teerölen, sehr bedeutend gesteigert werden, da der Betrieb von Lastautomobilen mit Benzin sich zweifellos als zu teuer erweisen wird; ersteres ist aber mit großer Sicherheit zu erwarten. Diesel hat bereits im Jahre 1908 einen Automobilmotor für Lastwagen gebaut. Wie immer in solchen Fällen, hat die erste Versuchsmaschine noch nicht die endgültige Form dieser Motorart ergeben; es sind aber nach Diesel mit einer der ersten Automobilfabriken Frankreichs weitere Arbeiten im Gange, um zunächst den Lastwagenmotor durchzubilden, dessen Aussichten sehr günstig sind. Eine einfache angeführte Rechnung zeigt, daß z. B. für die Berliner Verhältnisse ein Dieselomnibus von 30 PS gegenüber den heute verwendeten Benzinmotoren oder Benzolmotoren eine jährliche Ersparnis von rund 10000 bis 12000 ℳ ergibt. Daß durch solche Ersparnisse der Omnibusverkehr in Großstädten, der heute an der Grenze der Wirtschaftlichkeit steht, zu einem außerordentlich ertragfähigen Unternehmen wird, liegt auf der Hand.

---

[1]) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1911, S. 345.

In Deutschland wird die hochentwickelte Benzolindustrie — vielleicht für die nächste Zeit — den Bedarf an Automobilbrennstoffen zum großen Teil decken; dort werden auch in vielen Bergwerken, chemischen Fabriken und selbst auf den preußischen Staatsbahnen Lokomotiven mit Benzolbetrieb verwendet. Ein bedeutenderer Export an Benzol findet auch nach Frankreich statt, wo z. B., wie schon angeführt, in Paris die Omnibusse heute für den Betrieb mit Benzol eingerichtet sind.

Was ferner den Verbrauch an flüssigen Brennstoffen für den Schiffsbetrieb anbelangt, so richtet sich z. B. die englische Kriegsmarine immer mehr und mehr auf den Heizölbetrieb ein, gleichgültig, ob sie Dampfmaschinen oder Dieselmotoren verwendet, da mit Rücksicht auf die völlige Ausfüllung des betreffenden Lagerraumes ein bedeutend größerer Heizwert der flüssigen Brennstoffe gegenüber den Kohlen erzielt wird und sich dadurch der Aktionsradius eines solchen Schiffes entsprechend erhöht.

Auch in Deutschland ist man aus demselben Grunde bemüht, für den immer mehr steigenden Bedarf an flüssigen Brennstoffen rechtzeitig vorzusorgen, obzwar bis vor kurzem durch die erzeugte Menge von Stein- und Braunkohlenteer derselbe größtenteils gedeckt war. Auch in Österreich muß man wohl rechtzeitig dieser Frage näher treten, da alle die oben erwähnten Verhältnisse in kürzester Zeit auch dort eintreten werden.

Es sollen daher in den folgenden Abschnitten die im vorstehenden angedeuteten Fragen und gleichzeitig insbesondere auch die der Beschaffung flüssiger Brennstoffe näher ins Auge gefaßt werden. Dabei werden wir uns auch namentlich mit der rationellen Ausnutzung unserer festen Brennstoffe beschäftigen müssen, da wir hier auf sehr ergiebige Quellen für die Gewinnung flüssiger Brennstoffe stoßen werden.

2.

Die flüssigen Brennstoffe und ihre Vorteile.

Von den flüssigen Brennstoffen bzw. den flüssigen Treibmitteln für Motoren ist als der geeignetste und speziell in Österreich wichtigste das Erdöl (Rohöl, Naphtha) anzusehen. Sowohl das Rohöl selbst als auch alle aus demselben gewonnenen flüssigen

Derivate können sowohl als Brennstoff wie auch als Treibmittel verwendet werden.

In zweiter Linie kommen hierfür in Betracht gewisse Produkte der trockenen Destillation der beiden Mineralkohlenarten, der Stein- und Braunkohlen, im allgemeinen Teer genannt. Von diesen ist zufolge der überwiegend großen Menge seiner Erzeugung der Steinkohlenteer von besonderer Wichtigkeit. Man unterscheidet verschiedene Arten: Erstens Leuchtgasteer, der in seiner Zusammensetzung schwankt je nach der Art der Destillationsvorrichtung (Horizontalofenteer, Vertikalofenteer, Kammerofenteer), und zweitens Koksofenteer. Ein in neuerer Zeit immer mehr Verbreitung findendes flüssiges Treibmittel als Produkt der trockenen Destillation des Steinkohlenteers ist das Benzol bzw. diejenige Fraktion, welche vorwiegend Benzol, dann aber auch Toluol und Xylol enthält. Auch das Naphthalin kann in geschmolzenem bzw. gelöstem Zustande als Brennstoff verwendet werden.

Braunkohlenteer wird bisher in verhältnismäßig nur geringen Mengen bei der Destillation bestimmter Arten von Braunkohlen gewonnen (Schwelerei, Schwelkohlenteer). Es ist jedoch anzunehmen, daß alle Arten Braunkohlen, die sauerstoffärmer sind, bei der Destillation brauchbares Teeröl als flüssigen Brennstoff und als Treibmittel geben würden[1]). Durch eine eingehendere Untersuchung von Braunkohlenteeren ist erwiesen, daß sich gewisse Braunkohlenteere für den Dieselmotorbetrieb sogar besser eignen als alle Steinkohlenteere, da sie vorwiegend aus den wasserstoffreichen Kohlenwasserstoffen der Methanreihe bestehen, während in den Steinkohlenteeren die wasserstoffärmeren Kohlenwasserstoffe der aromatischen Reihe enthalten sind. Die Methankohlenwasserstoffe sind aber alle leichter entzündlich und leichter verbrennbar als die Benzolkohlenwasserstoffe (s. unten).

Schließlich wären hier auch noch gewisse Torfteere in Aussicht zu nehmen, und als gewissermaßen der Zukunft angehörige flüssige Brennstoffe der Spiritus und die fetten Öle zu nennen.

---

[1]) Siehe Donath, „Über die wirtschaftlichere Ausnutzung der natürlichen Brennstoffe in Österreich". Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1913, S. 11 u. 12.

Patterson[1]) teilt die flüssigen Brennstoffe in folgende Gruppen ein:

1. Rohpetroleum, Petroleumrückstände und Petroleumprodukte.

2. Teeröle von der Kohlendestillation oder von der Verkokung, besonders von bituminöser Kohle.

3. Öle u. dgl. pflanzlicher oder tierischer Herkunft, einschließlich Alkohol und Nußöle.

4. Öle aus Lignit, Torf, Holz u. dgl.

Dieser Einteilung kann wohl nicht beigepflichtet werden, es ist jedoch die Klage des genannten Autors über die Verwirrung der Begriffe und Bezeichnungen der Heizstoffe in den verschiedenen Ländern, die eine einheitliche Verständigung erschwert, vollkommen gerechtfertigt und sei diesbezüglich auf die Vorschläge von Donath, S. 33, verwiesen.

Die bei der Anwendung flüssiger Brennstoffe zutage tretenden Vorteile sind so mannigfacher Art, daß sie die erörterte Steigerung im Verbrauch an solchen ohne weiteres als erklärlich erscheinen lassen. Gewinnung, Verladung, Transport, Aufspeicherung, Verausgabung bzw. Hinleitung zur Verbrauchsstelle ist bei ihnen am bequemsten und billigsten und beim Lagern keine Selbstentzündung wie bei Kohle zu befürchten. Bei ihrer Verwendung werden sie durch Dampf oder komprimierte Luft zerstäubt und in diesem fein zerstäubten Zustande innig mit Luft gemischt, wodurch eine besonders ökonomische Verbrennung, ohne unnötigen größeren Überschuß an letzterer, zustande kommt. Sie ist leicht vollständig zu gestalten, ohne Rauch- oder Rußbildung und ohne Funkenwurf, und erfolgt ohne Hinterlassung von Rückständen, da der Aschengehalt nur ganz unbeträchtlich ist. Es sind daher derartige Feuerungen leicht und genau regulierbar, verlangen daher weniger Aufsicht, sind nicht so sehr von der Sorgfalt und Geschicklichkeit des Heizers abhängig und erfordern weit weniger menschliche Arbeitskraft. Weiter besitzen die Heizöle einen durchschnittlich fast doppelt so großen Heizwert wie die Kohle, und da ihr Gewicht pro Kubikmeter ungefähr gleich dem von geschichteter Kohle ist, so kann man bei ihrer Verwendung im gleichen Raume die doppelte Menge an Brennwert einlagern, wodurch eine beträchtliche Raumersparnis erzielt wird. Letztere

---

[1]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1913, S. 218.

wird außerdem noch dadurch erhöht, daß zufolge dieses höheren Heizwertes und der besseren Ausnutzung der erzeugten Wärme infolge vollkommener Transmission die Kesselheizflächen und damit auch die Kesselräume beträchtlich, um etwa $^1/_5$, kleiner gemacht werden können als bei Kohlenfeuerung.

Als die Erdölheizung in Österreich versuchsweise bei den Staatsbahnen eingeführt wurde, zeigte es sich, daß zur Erhöhung der Dampfspannung einer bereits angeheizten Lokomotive von 3 auf 10 Atm. bei Petroleumfeuerung 3, bei Kohlenfeuerung $6^1/_8$ Minuten erforderlich waren, und daß durch 1 kg Petroleumrückstände 15 kg Wasser verdampft wurden, während bei gewöhnlicher Feuerung in derselben Zeit 1 kg Ostrauer Steinkohle nur 7 kg Wasser verdampft.

Von ganz besonderer Wichtigkeit sind die flüssigen Brennstoffe auch für den Schiffsbetrieb. Zufolge der genannten Raumersparnis bei ihrer Anwendung wird, wie schon erwähnt, der Aktionsradius der Schiffe in bezug auf das mitgeführte Heizmaterial verdoppelt, was namentlich für die Kriegsmarine im Hinblick auf ihre Schlagfertigkeit von größter Bedeutung ist. Für die Handelsmarine ist die Rentabilität des Heizölbetriebes zwar hauptsächlich vom Ölpreis abhängig, auf jeden Fall zu seinen Gunsten spricht aber auch hier die Ersparnis an Laderaum für das Brennmaterial und an Bedienungsmannschaft für die Kessel.

Die englische Admiralität[1]) hat jetzt den zehnten Tankdampfer für die Kriegsflotte in Auftrag gegeben. Insgesamt werden die Ausgaben für die Ölversorgung der Flotte im laufenden Finanzjahre 1 Mill. Pfd. überschreiten. Gegenwärtig sind etwa 80 Torpedoboote und -zerstörer vorhanden, die nur Öl brennen. Diese Zahl nimmt schnell zu, da seit 1908 überhaupt kein Torpedofahrzeug mehr für Kohlenfeuerung gebaut wird. Außerdem haben die großen Kriegsschiffe fast alle kombinierte Kohlen- und Ölfeuerung. Um diesem steigenden Bedarf jederzeit gerecht werden zu können, werden jetzt an verschiedenen Stellen der Küste Öltanks für den ausschließlichen Gebrauch der Kriegsmarine gebaut.

Das amerikanische Marinedepartement[2]) bereitet eine Vorlage vor, um Ölländereien in Oklahoma oder Kalifornien zu er-

---

[1]) Petroleum 1913, S. 1096.

[2]) Ebenda 1914, S. 702.

werben und von dort eigene Röhrenleitungen bis zum Golf von Mexiko anzulegen, um so die Bundesmarine unabhängig von den Ölgesellschaften zu machen. Die amerikanische Marine brauchte im letzten Jahre 400 000 Faß Öl und wird, da alle neuen Zerstörer, Unterseeboote und Schlachtschiffe ausschließlich Ölfeuerung erhalten, bereits im laufenden Jahre 700 000 Faß benötigen.

Die größten Vorteile aber bietet die Verwendung flüssiger Brennstoffe bei ihrer Benutzung zum Betriebe der Ölmotoren, und es steht durch deren immer mehr Verbreitung findende Anwendung eine weitere beträchtliche Steigerung im Bedarf an solchen in bestimmter Aussicht. Während die kalorische Ausnutzung des Brennstoffes beim Motorbetrieb auf dem Umwege der Wasserdampferzeugung bei den besten modernen Heißdampfmaschinen höchstens 18 Proz. beträgt, steigt sie beim Dieselmotor auf 35 Proz., so daß man also mit diesem bei gleichem Brennwert den doppelten Effekt erzielt.

Es stehen daher heute auch schon im Eisenbahnbetrieb Diesellokomotiven in Verwendung. Als Schiffsbetriebsmaschine wurde der Dieselmotor besonders durch die Erfindung der Burmeisterschen Steuerung in die vorderste Reihe gerückt, welche das etwas komplizierte Manöver des verkehrten Ganges der Maschine sehr vereinfacht. Nach dem Gesagten aber wird bei der Verwendung solcher Motoren der Aktionsradius eines Schiffes nochmals verdoppelt, d. h. der Aktionsradius eines Schiffes mit Dieselmotor ist gegen den eines solchen mit Dampf-Kohlenbetrieb ein vierfacher. Und was die Handelsmarine anbelangt, so bekommt bei gleichem Aktionsradius ein mit Dieselmotor gehendes Schiff $^3/_4$ des früheren Kohlenladungsraumes frei, wozu noch der ganze Rauminhalt für die beim Dieselmotor entfallenden Dampfkessel kommt.

In der Sitzung der Budgetkommission des Deutschen Reichstages vom 6. Februar 1914[1]) gab der Staatssekretär bei Beratung des Marineetats auch Aufschluß über den Stand der Frage der Einführung der Ölfeuerung in der Deutschen Marine und erklärte diesbezüglich, daß diese Frage in der Deutschen Marineverwaltung aufmerksam verfolgt werde. Ein Mitglied des Reichstages wies auf die Schwierigkeit der Frage der Ölfeuerung hin,

---

[1]) Petroleum 1914, S. 702.

die heute noch nicht ganz geklärt sei. Bei der Kauffahrteischiffahrt habe man keine ungünstigen Erfahrungen damit gemacht. Hier spiele aber die Rentabilitätsfrage eine Rolle, die bei der Marine nicht in Betracht komme. Wenn Wissenschaft und Technik die Ölfeuerung verlangen, solle sie durchgeführt werden. Der Staatssekretär bemerkt noch, daß andere Staaten bezüglich der Ölverwendung viel zurückhaltender seien als Deutschland. Daß die Zukunft dem Ölmotor gehört, sei aber kaum zweifelhaft. Ein anderes Mitglied wünscht Auskunft über die Petroleumkonzessionen fremder Staaten in bisherigen oder zukünftigen Produktionsgebieten. Der Staatssekretär betonte, daß die Öllieferung für den Frieden gesichert sei. Ein sprungweiser Übergang zur Ölfeuerung werde kaum eintreten.

Groeling schließt einen diese Verhältnisse behandelnden Aufsatz in einem großen Tageblatt mit den Worten: „Eine neue Epoche ist angebrochen. Am Ende derselben wird die alte Dampfmaschine trotz ihrer modernsten Spielarten ökonomischer Inszenierung dem Ölmotor Platz gemacht haben“ [1]).

Im folgenden sollen nun die einzelnen uns zur Verfügung stehenden flüssigen Brennstoffe sowohl im Hinblick auf ihre Gewinnung und Eigenschaften, als auch insbesondere auf ihr Vorkommen und ihre Bedeutung für den Weltbedarf an technischer Energie des näheren besprochen werden.

---

3. Die Arten der flüssigen Brennstoffe.

A. Das Erdöl.

Neben den fossilen festen Brennstoffen bildet auch das Erdöl (Rohöl, Rohpetroleum, Naphtha) einen in der Erde natürlich vorkommenden Vorrat von Restsubstanzen organischen Lebens, welcher, durch Menschenhand ans Tageslicht befördert, der Verbrennung zu den Endprodukten Kohlensäure und Wasser zugeführt wird.

[1]) Dieser Anschauung kann wohl nicht vollinhaltlich beigepflichtet werden, da von verschiedenen fachmännischen Seiten die bleibende Bedeutung der Dampfmaschine für gewisse Zwecke betont wird. Siehe z. B. Kliment, Mitt. d. Bodensee-Bezirksver. d. Ing. 1912, S. 11.

Das Erdöl besteht vornehmlich aus einem Gemisch von verschiedenen Arten von Kohlenwasserstoffen, hauptsächlich der Methanreihe C_nH_{2n+2} und der Naphthenreihe C_nH_{2n}, von welchen je nach seiner Herkunft die einen oder die anderen überwiegen. So besteht das amerikanische Erdöl vorherrschend aus ersteren, in russischen Erdölen überwiegen dagegen die Naphthenkohlenwasserstoffe, während die galizischen und rumänischen diesbezüglich in der Mitte stehen. In vielen Erdölen finden sich daneben in geringerer Menge auch noch Olefine, Benzole, Sauerstoffverbindungen (Naphthensäuren) und Stickstoffverbindungen, sowie, als besonders unangenehme Beimengung, stets auch Schwefelverbindungen, jedoch meist nur in geringerer Menge. So beträgt nach v. Höfer der Schwefelgehalt im Durchschnitt bei Wietzer Rohöl etwa 0,085, bei Pechelbronner 0,138, bei russischem 0,1, bei rumänischem 0,3, dagegen bei den Rohölen von Texas und Kalifornien 2 bis 3 Proz.

Über die Entstehung des Erdöles sei kurz folgendes angeführt[1]):

Nach Mendelejeff soll das Erdöl durch Einwirkung von Wasserdampf auf Carbide des Eisens in vulkanischen Prozessen im Erdinneren entstanden sein. Nach Sabatier und Senderens sollen Wasserstoff und Acetylene, die durch Einwirkung von Wasser auf Alkali oder Erdalkali, sowie Carbide entstanden waren, beim Zusammentreffen mit Metallen, die als Kontaktsubstanzen wirkten, Paraffin- oder zyklische Kohlenwasserstoffe, je nach den vorhandenen Bedingungen, gebildet haben.

Diejenigen Hypothesen, nach welchen das Erdöl aus anorganischem Material entstanden sein soll, lassen sich heute wegen der optischen Aktivität des Erdöles und aus geologischen Gründen nicht vollständig aufrecht erhalten. Die in neuerer Zeit aufgestellten Theorien nehmen daher im allgemeinen mehr eine Entstehung des Erdöles aus organischem Material an. Meinungsverschiedenheiten herrschen nur noch darüber, ob seine Muttersubstanzen tierisches oder pflanzliches Material oder beides sind.

Nachdem H. v. Höfer aus geologischen Gründen die Entstehung des Erdöles aus marinen Resten abgeleitet hatte, wies Engler experimentell nach, daß aus Fett (von Seetieren) durch Destillation

---

[1]) Zum Teil nach der kurz und klar entwickelten Übersicht in Holdes „Untersuchung der Kohlenwasserstofföle und Fette", 4. Auflage.

„künstliches Petroleum“ entsteht. Hiernach soll das Erdöl aus den Fettüberresten von Lebewesen jeder Art durch Zersetzung unter hohem Druck entstanden sein, nachdem ihre übrigen organischen Bestandteile (Eiweißverbindungen) durch Fäulnis in wasserlösliche Schwefel- und Stickstoffverbindungen übergegangen waren. Die aus den Fettsäuren (Leichenwachs) zunächst durch gewaltsame Einwirkung entstandenen leichteren Kohlenwasserstoffe, in denen er Paraffine, Äthylene, Naphthene nachwies, sollen sich in langsamem Prozeß im Laufe weiterer geologischer Perioden teilweise zu den höher siedenden Anteilen des Erdöles polymerisiert haben, wofür die von Engler beobachtete, beim Stehen von synthetischem Petroleum eintretende Erhöhung des spezifischen Gewichtes spricht. Naphthene entstehen durch stärkeres Erhitzen von Äthylenen, so z. B. von Amylen auf 250 bis 270°, womit die Entstehung solcher in den Erdölen erklärt ist.

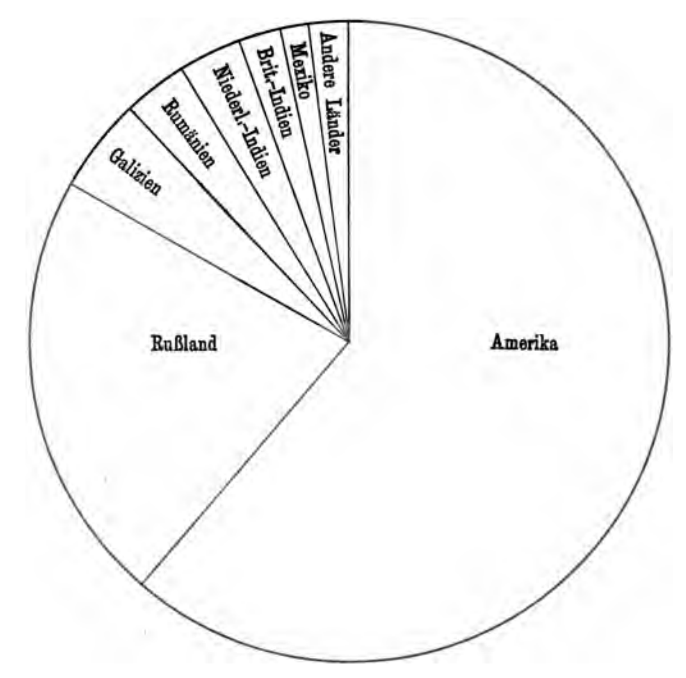
Nach Marcusson können jedoch die höher siedenden Anteile des Erdöles im wesentlichen nicht aus den leichteren entstanden sein, weil die ersteren stärker optisch aktiv sind als die letzteren. Wahrscheinlich ist der umgekehrte Vorgang.

Künkler und Schwedhelm fanden im Einklang mit Englers Destillationsversuchen, daß auch fettsaurer Kalk, auf 270 bis 320° erhitzt, ceresin- und schmierölartige Kohlenwasserstoffe gibt. Im Einklang mit Hoppe-Seyler, der auf die Nichtbeständigkeit der freien Fettsäuren und die Notwendigkeit hinwies, die Erdölbildung auch an der Zersetzung von fettsaurem Kalk und fettsaurem Magnesium zu prüfen, nehmen sie in derartigen Salzen, insbesondere im fettsauren Kalk, der aus Fettsäuren und kohlensaurem Kalk entstanden sei und bekanntlich ein wesentlicher Bestandteil des sogenannten Leichenwachses ist, ein sekundäres Zwischenprodukt für die Erdölbildung im Sinne der Engler-Höferschen Theorie an. Die Entstehung der Schmieröle durch Polymerisation der leichten Anteile, entsprechend Englers Annahme, halten sie nicht für zutreffend, da die von diesem beobachteten Polymerisationen nur geringfügig sind und bei ihren eigenen Versuchen durch Zersetzung von fettsaurem Kalk hochsiedende Schmieröle in genügenden Mengen entstehen und damit deren Bildung genügend geklärt sei.

Eine neuerliche Bestätigung hat die Engler-Höfersche Theorie der Erdölbildung vielleicht durch Donaths vorläufige Unter-

suchungen über das Erdölvorkommen in Raibl (Kärnten) erfahren[1]. Derselbe wies sowohl in diesem Erdöl als auch in dem begleitenden Mergelschiefer Cholesterin und auch Stickstoff, sowie mit großer Wahrscheinlichkeit auch Fette nach. Es ist hiernach wenigstens die Wahrscheinlichkeit vorhanden, im Raibler Öle eines der ersten Abbauprodukte des tierischen Fettes zu sehen.

Nach Stahl, sowie nach Kraemer und Spilker sollen die in Seen sich findenden großen Ablagerungen von Diatomeen die



Ursubstanz des Erdöles gewesen sein. Nach Potonié dagegen ist es ein Destillationsprodukt aus Sapropel- (Faulschlamm-) Gestein, das aus sich zersetzenden, in Wasser vorkommenden Organismen und ihren Ausscheidungen besteht und zoogen-phytogenes Gestein ist.

Die Frage, auf welche Ursachen die für die Theorie der Erdölbildung so wichtige optische Aktivität des Erdöles zurückzuführen ist, ist noch unentschieden.

---

[1]) Ed. Donath und H. v. Höfer, Das Erdölvorkommen in Raibl. Petroleum 1913, S. 1493.

Das Erdöl war schon im frühen Altertum bekannt, von eigentlicher Bedeutung für die Technik wurde es jedoch erst seit 1859, in welchem Jahre Drake die erste große Erdölquelle zu Titusville in Pennsylvanien erbohrte, worauf dann rasch die weiteren großen Petroleumfunde folgten, und seitdem hat die Gewinnung von Rohöl einen ungeahnten Aufschwung genommen.

Das Verhältnis der in den einzelnen Petroleumländern im Jahre 1908 gewonnenen Rohölmengen läßt sich aus der Abbildung [1]) auf voriger Seite erkennen.

Zahlenmäßig geht die Verteilung aus der nachstehenden Tabelle hervor, welche die Gewinnung von Petroleum in den wichtigsten Ländern 1901 und 1908 gegenüberstellt.

In 1000 Tonnen.

	Gewinnung		Proz. der Gesamterzeugung	
	1901	1908	1901	1908
Vereinigte Staaten v. Nordamerika	9 756	23 943	42,3	63,0
Rußland	11 511	8 292	49,8	21,75
Galizien	452	1 754	1,96	4,61
Rumänien	270	1 148	1,18	3,02
Niederländisch-Indien	625	1 143	2,7	3,00
Britisch-Indien	200	673	0,88	1,76
Mexiko	—	464	—	1,22
Japan	145	276	0,64	0,72
Deutschland	44	142	0,19	0,35
Peru	—	135	—	0,35
Kanada	80	70	0,35	0,19
Zusammen	23 083	38 040[2])	—	—

Während demnach die Steigerung der Gesamtkohlenförderung, welche an Heizwert 1901 schätzungsweise das 16fache, 1908 das 13fache der Petroleumproduktion darstellte, in diesen sieben Jahren nur etwa 42 Proz. betrug, stieg die Gesamtgewinnung an Erdöl in dem gleichen Zeitraum um etwa 65 Proz. Besonders auffallend sind dabei die Unterschiede im Anteil der einzelnen Länder an der Gesamtgewinnung.

[1]) Sussmann, Ölfeuerung für Lokomotiven, 1912.

[2]) Einschließlich der kleineren Vorkommen 38 052.

Die weitere Entwickelung dieser Sachlage zeigen die folgenden Zahlen für 1912:

	Gewinnung	Proz. der Gesamterzeugung
Vereinigte Staaten von Nordamerika	29 615	83,52
Rußland	9 318	19,37
Mexiko	2 208	4,71
Niederländisch-Indien	1 478	3,09
Rumänien	1 807	3,70
Galizien	1 187	2,43
Indien	990	2,03
Japan	223	0,48
Peru	233	0,50
Deutschland	140	0,28
Kanada	32	0,07
Italien	12	0,02
Andere Länder	33	0,07
Zusammen	47 277	—

Nach seinerzeitigen Mitteilungen stellte sich die Weltproduktion an Rohöl in den Jahren 1909 bis 1911 folgendermaßen:

In 1000 Tonnen:

	1909		1910		1911	
	Produktion	Proz. der Gesamterzeugung	Produktion	Proz. der Gesamterzeugung	Produktion	Proz. der Gesamterzeugung
Verein. Staaten von Amerika	23 995	60,14	27 452	63,16	28 469	64,03
Rußland	9 177	23,00	9 508	21,87	9 073	20,41
Rumänien	1 297	3,25	1 352	3,11	1 544	3,47
Galizien	2 077	5,20	1 763	4,06	1 458	3,28
Niederl.-Indien	1 475	3,75	1 496	3,44	1 595	3,59
Britisch-Indien	890	2,22	818	1,88	800	1,80
Mexiko	332	0,83	444	1,02	850	1,91
Japan	268	0,67	257	0,59	280	0,63
Deutschland	143	0,31	146	0,34	140	0,32
Andere Länder	243	0,62	229	0,53	250	0,56
Zusammen	39 897	100,00	43 466	100,00	44 458	100,00

Demnach hat sich die gesamte Produktion der Welt an Rohöl seit 1909 von 39,9 Mill. Tonnen bis 1911 auf 44,4 Mill. Tonnen

[illegible]. Am stärksten partizipieren daran die Vereinigten Staaten von Nordamerika, deren Produktionsanteil in der fraglichen Zeit [illegible] auf 64,3 Proz. gestiegen ist. Insbesondere ist es [illegible], welches seine Erzeugung im letzten Jahrzehnt von [illegible] gesteigert und damit seit kurzer Zeit [illegible] überholt hat. Da man weiters in Amerika [illegible] Raubbau in einen geordneten Betrieb um[illegible], so dürfte sich die Produktion, obwohl in [illegible] leider nicht entdeckt wurden, in diesem [illegible] steigern.

[illegible] hauptsächlich Rußland in Betracht, dessen [illegible] der nur wenig erhöht haben, und dessen [illegible] der Gesamtproduktion sogar von 25 auf [illegible] ist. Jedoch lassen die neuen Funde [illegible] der Krim und bei Maikop noch eine [illegible] vermuten. Nicht die geologischen Ver[illegible] wirtschaftlichen und sozialen [illegible] und die große Entfernung der [illegible] haben den dortigen Petroleum[illegible] eine Gesundung eintritt, so [illegible] Grundlage die südrussische Erdöl[illegible] einmal eine ebenso große Rolle auf [illegible] wie Nordamerika.

[illegible] Rumänien, Galizien und Nieder[illegible] gegenwärtig jedes Land mit etwas [illegible] an der Welterzeugung teilnimmt. [illegible] auch nicht in dem Maße wie die [illegible], so daß auch hier [illegible] Vermehrung der Produktion [illegible] noch darauf hinzuweisen, [illegible] 1909 in ständiger Abnahme [illegible] den beiden anderen Ländern [illegible].

[illegible] Deutschland von den über[illegible] die geringsten Rohöl[illegible] an der Gesamterzeugung [illegible] Steigerung der Produktion [illegible] betrug 1909 1,1, [illegible] langsam steigen.

G. Spies[1]) stellt in einem Aufsatz, welcher die Leuchtöl-Disponibilität für ein. Deutsches Petroleummonopol behandelt (s. später), die nachstehenden statistischen Zahlen zusammen:

1. Vereinigte Staaten.

	Leuchtöl-ausfuhr Tonnen	Leuchtöl-produktion Tonnen	Leuchtöl-gewinnung Tonnen
1904	2 187 624	—	15 454 687
1905	2 427 501	—	17 782 721
1906	2 549 866	—	16 697 200
1907	2 638 862	—	21 924 584
1908	3 073 092	—	23 565 611
1909	3 187 600	5 674 103	24 178 555
1910	2 964 831	5 962 360	27 661 398
1911	3 015 817	6 060 652	28 468 714

2. Österreich-Ungarn.

	Rohöl-gewinnung	Rohöl-verarbeitung	Leuchtöl-produktion	Leuchtöl-ausfuhr	Hiervon nach	
					Deutschland	Schweiz
	Tonnen	Tonnen	Tonnen	Tonnen	Tonnen	Tonnen
1904	823 943	589 009	328 413	70 715	37 485	5 613
1905	794 391	662 732	397 177	129 372	39 079	6 500
1906	737 194	831 255	416 106	136 654	57 059	9 828
1907	1 125 806	977 168	389 592	113 274	66 573	8 346
1908	1 718 030	1 336 560	509 157	187 328	116 254	14 004
1909	2 086 341	1 508 350	577 630	232 732	125 496	18 518
1910	1 762 560	1 438 250	567 000	213 384	111 720	16 800
1911	1 458 275	1 400 390	540 000	176 400	102 720	18 864

Der aus diesen Zahlen ersichtliche Rückgang in der Rohölgewinnung Österreich-Ungarns wurde bekanntlich durch einen Wassereinbruch in dem wichtigsten galizischen Ölfelde hervorgerufen und wird nur eine vorübergehende Erscheinung sein, weil man bei systematischer Exploration in Galizien, ebenso wie in Rumänien, neue Ölfelder finden wird.

[1]) Chem. Ind. 1913, S. 63.

3. Rumänien.

	Rohöl-gewinnung Tonnen	Rohöl-verarbeitung Tonnen	Leuchtöl-produktion Tonnen	Leuchtöl-ausfuhr Tonnen	Hiervon nach Deutschland Tonnen
1904	500 561	391 389	109 510	78 553	14 258
1905	614 870	510 143	153 499	119 556	19 109
1906	887 091	748 798	221 683	190 914	18 715
1907	1 129 097	950 614	261 684	262 489	15 972
1908	1 147 727	1 011 616	248 274	263 633	6 242
1909	1 297 257	1 107 825	263 998	262 587	17 381
1910	1 352 407	1 215 299	272 222	337 036	24 067
1911	1 544 072	1 404 403	312 711	323 012	24 940

4. Rußland.

	Rohölgewinnung Tonnen	Leuchtölausfuhr insgesamt Tonnen	Leuchtölversand von Baku Tonnen	Leuchtölkonsum Rußlands Tonnen
1904	10 887 442	1 531 142	2 399 000	935 000
1905	7 553 702	731 557	1 157 800	497 600
1906	8 159 140	457 484	1 180 800	791 200
1907	8 632 588	513 697	1 413 700	965 000
1908	8 708 086	534 254	1 377 000	905 600
1909	9 284 426	492 236	1 412 000	993 800
1910	9 508 015	513 358	1 312 000	889 200
1911	9 072 614	475 000	1 364 000	980 000

Im Jahre 1909 betrug die Weltproduktion an Erdöl rund 40 Mill. Tonnen. Rechnet man diese Menge unter der durchschnittlichen Annahme einer 10,5fachen Verdampfung und eines Verbrauches von 0,5 kg pro 1 PS in Energie um, so erhält man die gewaltige Menge von 11,4 Mill. Jahres-PS. Jedoch werden diese nur zum kleineren Teile für den Kraftverbrauch benutzt, nachdem das Erdöl schätzungsweise zu 55 Proz. als Leuchtöl in Form von Petroleum, sowie von Benzin, zu 15 Proz. als Schmieröl und nur zu 30 Proz. als Kraftöl in Gestalt von Gasolin, Benzin und Benzol für Explosionsmotoren und in Form von Rohöl und Rückständen als Brennstoff für Dampfkessel verwendet wird. Im Dienste der Weltkraftwirtschaft stehen daher derzeit etwa 3,5 Mill. PS, welche aus Erdöl gewonnen werden.

Bezüglich des noch vorhandenen Weltvorrates an Erdöl liegen derzeit noch keine übereinstimmenden fachgemäßen Schätzungen

vor. Nimmt man z. B. an, daß noch etwa die 10fache Menge der von 1860 bis jetzt geförderten 540 Mill. Tonnen im Schoße der Erde ruht, so käme man auf einen noch vorhandenen Vorrat von noch 5000 Mill. Tonnen, welcher bei einer Jahresförderung von 50 Mill. Tonnen (1910: 44 Mill. Tonnen) noch für 100 Jahre ausreichen würde. Ein Vielfaches davon dürfte wohl kaum zu erwarten sein, höchstens das Doppelte, vielleicht aber auch weniger, so daß, da eine nennenswerte Nachbildung nicht stattfindet, schon in absehbarer Zeit mit der Abnahme, bzw. schließlich dem Ende der Erdölproduktion gerechnet werden muß.

Es ist jedoch neuerdings das Vorkommen von Erdöl an sehr vielen Stellen der Welt festgestellt worden, wo dessen Verwertung erst in Angriff genommen wird oder zufolge der mangelnden Aufgeschlossenheit des Landes derzeit überhaupt noch nicht möglich ist. Weiters aber sind uns auch gewiß noch nicht alle Petroleumquellen der Welt bekannt, da wir ja z. B. das Innere von Asien, Afrika, Australien und Südamerika in dieser Hinsicht noch fast gar nicht kennen.

So weist unter anderem auch Kraemer[1]) darauf hin, daß die Auffindung und Erbohrung von Erdöl mit jedem Jahre eine verbreitetere und umfangreichere wird. Sie betrug im Jahre 1906 28 621 566 Tonnen und stieg im Jahre 1911 auf 44 458 675 Tonnen, hat also in fünf Jahren um 55 Proz. zugenommen. Die Erzeugung von Erdöl in den beiden genannten Jahren verteilt sich auf:

	1906 Tonnen	1911 Tonnen
Vereinigte Staaten Amerikas	16 697 200	28 468 714
Rußland	8 159 140	9 072 614
Niederländisch-Indien	1 168 581	1 595 000
Rumänien	1 387 091	1 544 072
Galizien	737 194	1 458 275
Mexiko	—	850 000
Britisch-Indien	530 068	800 000
Japan	206 760	280 000
Peru	71 506	180 000
Deutschland	81 350	142 992
Kanada	75 207	30 000
Italien	7 451	8 000
Andere Länder	—	29 008

[1]) Chem. Ztg. 1913, S. 25.

Daraus ist ersichtlich, daß für die Gewinnung von Erdöl immer mehr Länder in Betracht kommen und seine Mengen mit wenigen Ausnahmen stetig wachsen. Und dieser Zustand ist noch keineswegs zum Abschluß gekommen. Man kann mit Sicherheit voraussagen, daß Länder wie Mexiko, Holländisch- und Britisch-Indien, Japan und China noch ganz gewaltige Mengen mehr liefern werden, sobald die Bohrungen den so verschiedenen Terrains und dem wechselnden Charakter des Erdöles besser angepaßt sind. Denn in der Erkenntnis, wo das Erdöl zu suchen ist, hat man recht ansehnliche Fortschritte gemacht, seitdem man weiß, welchem Ausgangsmaterial und welchen geologischen Vorgängen seine Entstehung zu danken ist. Es werden nicht nur die jetzt schon bekannten Fundstätten energischer ausgebeutet, sondern auch neue ergiebige Vorkommen erschlossen werden. Was eine verstärkte Bohrtätigkeit zu leisten vermag, zeigen die Vereinigten Staaten von Amerika, deren Erzeugung, obwohl ihr Beginn schon ein halbes Jahrhundert zurückliegt, stetig zugenommen hat und im letzten Jahrzehnt von 9159874 auf 28468714 Tonnen gestiegen ist. Auch damit scheint der Höhepunkt noch nicht erreicht zu sein. Wenn an manchen Orten, wie in Rußland und Galizien, die Ausbeute auch einmal zeitweilig zurückgegangen ist, so lag dies an besonderen Verhältnissen. In Rußland war es die revolutionäre Bewegung unter der Arbeiterbevölkerung in Baku, deren Zerstörungswut eine große Anzahl von Bohrrigs zum Opfer fiel, in Galizien die übertriebene Bohrtätigkeit in den Jahren 1908/10. Diese verursachte eine beispiellose Entwertung des Erdöles, verbunden mit dem überstürzten Bohrbetriebe in Tustanowice, wodurch die ergiebigste Fundstätte Galiziens der Erschöpfung entgegengeführt wurde. Beide Länder werden aber wieder zu aufsteigender Entwickelung kommen, insbesondere sind in Galizien Erdölvorkommen bekannt, von denen ein ähnlicher Reichtum erwartet werden kann, wie er in Schodnica, Boryslaw und Tustanowice sich erwiesen hat.

Nicht anders liegt die Frage bezüglich der Auffindung neuer Erdölfundstätten in noch weiteren Ländern. Ägypten, Peru, Kleinasien beginnen schon in die Produktion einzutreten, und noch viele andere werden nachfolgen. Das Erdöl ist überall dort, wo die Bedingungen dazu gegeben waren, wenn auch vielleicht nicht in solcher Menge wie die Steinkohle, so doch in ähnlicher

Häufigkeit entstanden. Von einer alsbaldigen Erschöpfung oder einem Nachlassen der Erdölgewinnung kann hiernach keine Rede sein.

Jedoch sagt andererseits diesbezüglich Prof. Dr. J. Wolf in seinem Buche „Die Volkswirtschaft in Gegenwart und Zukunft“: „So wie die brennbaren Erdgase der Umgebung von Pittsburg infolge des dort betriebenen Raubbaues und unglaublicher Verschwendung wider Erwarten bald versiegten, und wie wohl auch an anderen Orten mit solchen Gasquellen in absehbarer Zeit aufgeräumt sein wird, so werden vielleicht die Jüngsten der jetzt lebenden Generation noch eine starke Erschütterung ihres Glaubens an die Unerschöpflichkeit der Petroleumquellen erleben. In der Tat dürfte, wenigstens nach meiner Meinung, bei dem ganz enorm steigenden Bedarf schon in etwa 100 Jahren eine Klemme im Erdölbezug sich in empfindlicher Weise bemerkbar machen. Woher dann, mag auch das Leuchtpetroleum durch andere Lichtquellen leichter ersetzbar sein, Benzin, Treib- und Gasöle zum Betrieb unserer Kleinmotoren, für unsere Kraftfahrzeuge, Flugapparate, Luftschiffe usw. genommen werden sollen, entzieht sich vorerst noch realen Vorstellungen. Aber auch wo die Phantasie nachhilft mit neuen Kraftquellen, stoßen wir auf ein Ende durch deren Erschöpfung oder doch auf deren Unzulänglichkeit. Die Kohlen, die Eisenerze und viele andere Rohmaterialien, welche die Grundlage unseres heutigen Industrielebens bilden, werden folgen.“

Angesichts der großen Vorteile, welche die Verwendung flüssiger Brennstoffe sowohl zum Betriebe von stationären Motoren als auch insbesondere von Kraftfahrzeugen zu Wasser, Land und Luft mit sich bringt, ist dieser Umstand wohl ins Auge zu fassen, und die Technik muß sich deshalb beizeiten in dieser Richtung nach einem Ersatz für das Erdöl und seine Derivate umsehen.

Die genannte Steigerung der Erzeugung an Rohöl äußerte sich natürlich zunächst in einem starken, oft rapid eintretenden Fallen der Absatzpreise, gerade dadurch aber wurden allmählich Absatzmöglichkeiten durch anderweitige technische Ausnutzung geschaffen. So wurden z. B. die ersten Versuche zur Anwendung von flüssigen Brennstoffen auf Dampfschiffen in Rußland im Gebiete des Kaspischen Meeres gemacht, und zwar zufolge der dortigen hohen Kohlenpreise einerseits und der damals besonders niedrigen Preise für das bei Baku gewonnene Erdöl. Sie fielen

so zufriedenstellend aus, daß ein großer Teil der Dampfer des kaspischen und Wolgagebietes für Ölfeuerung eingerichtet wurde. Seit etwa zwei Jahrzehnten ist die Anwendung der Ölfeuerung auf Schiffen ziemlich weit verbreitet, wenn auch die in den letzten Jahren erfolgte Preissteigerung hemmend in den Weg trat. Auch die Ölfeuerung auf den rumänischen und galizischen Bahnen verdankt ihre Einführung diesem Steigen der Produktionsziffer. Und so wie das Erdöl selbst werden auch die Destillationsrückstände (Astatki, Massut) schon seit langem für die verschiedensten technischen Heizzwecke benutzt.

Bei der Verwendung von Ölen zu Heizzwecken müssen jene mittels besonderer Apparate (Zerstäuber, Brenner, Düsen) in die Feuerung eingeblasen und in ihr unter Zuführung von Luft verbrannt werden. Die Haupttypen derartiger Feuerungen sind folgende:

1. Ölfeuerung mittels Dampfzerstäubung.

2. Ölfeuerung mittels Luftzerstäubung; die Ökonomie ist hier im allgemeinen eine höhere.

3. Ölfeuerung mittels Zerstäubung durch Kompression. Das stark, bis über den Entflammungspunkt hinaus, vorgewärmte Öl wird den Düsen durch besondere Pumpen mit hohem Überdruck — ohne Beimengung von Dampf oder Luft — zugeführt. Diese Anlagen sind komplizierter als die beiden ersterwähnten, arbeiten aber sehr wirtschaftlich.

4. Ölfeuerung mit Zufuhr des Brennstoffes in Dampfform. Hier gelangt das durch noch höhere Vorwärmung in Gas verwandelte Öl durch Düsen in die Feuerung, wo es, ähnlich wie in einem Bunsenbrenner, unter Luftzutritt verbrannt wird.

Im übrigen erfolgt, wie dies Sussmann[1]) des näheren ausführt, die Verfeuerung des flüssigen Brennstoffes je nach den vorliegenden Verhältnissen und dem beabsichtigten Zweck entweder als reine Ölfeuerung unter Ausschluß anderer gleichzeitig zu verfeuernder Brennstoffe oder als Zusatzfeuerung über festen Brennstoffen beliebiger Art.

Die reine Ölfeuerung kommt natürlich dort in Frage, wo die Beschaffungskosten der Heizöle derart sind, daß die nutzbar gemachte Wärmeeinheit für den Verbraucher ebenso teuer oder

---

[1]) l. c.

billiger zu stehen kommt wie bei Kohle oder sonstigen festen Brennstoffen. Unter Berücksichtigung der Ersparnisse, welche durch den Fortfall der Ausschlackarbeit, durch Verringerung der Anheizarbeit und größere Ausnützung der Maschinen erzielbar sind, berechnet z. B. hierfür Hammer für Berlin als Grenze 37,50 ℳ pro Tonne einschließlich Frachtkosten.

Bei höheren Heizölpreisen kommt die Zusatzfeuerung in Frage, und zwar entweder zur zeitweiligen Anwendung, beim Bahnbetrieb nur auf einzelnen genau bezeichneten Streckenteilen, wie Tunnels (zur Hintanhaltung der Rauchbelästigung in denselben), oder bei kurzen starken Steigungen, oder aber dauernd während des Hauptteiles des gesamten Betriebes. Mittels Zusatzfeuerung gelingt es ferner, auch minderwertige Brennstoffe zur Lokomotivfeuerung nutzbar zu machen, wie schlechte Braunkohlen und Lignite, deren Auswertung in vielen Gegenden brach liegt, da sich der Transport auf größere Entfernungen nicht lohnt und Verfeuerung in stark beanspruchten Betrieben nicht möglich ist. Die Verfeuerung unter der Ölflamme in feststehenden Kesseln kann jedenfalls eine sehr erwünschte Absatzmöglichkeit für die Lignitindustrie erschließen.

Auch die Verwendungsmöglichkeit der Steinkohle als Lokomotivkohle erweitert sich bei Zusatzfeuerung; es kommt dann wenig auf stückreiche Kohle an, und man kann daher die billigere gewöhnliche dünne Förderkohle verfeuern, ohne daß diese, wie sonst üblich, durch Beigabe von etwa 20 Proz. an Steinkohlenbriketts verbessert werden müßte, oder daß Briketts oder große Stücke zum Anheizen nötig wären.

Sussmann faßt schließlich die mit der reinen Ölfeuerung erzielbaren Vorteile, welche besonders augenfällig im Dampftriebwagenbetriebe hervortreten, zusammen wie folgt:

1. Schnelle Betriebsbereitschaft des Wagens, 20 Minuten gegen 50 bei Kohle.

2. Schnelle und saubere Übernahme des Brennstoffes, genaue Verbrauchskontrolle.

3. Im gleichen Fassungsraum Unterbringung länger ausreichender Brennstoffmengen.

4. Größere Schonung des Kessels gegen Beanspruchung durch die Flamme.

5. Keine mechanische Beschädigung des Kessels und Feuerraumes durch Schaufel und Stocheisen.

6. Einfachere und saubere Bedienung der Feuerung, daher Bedienung durch den Führer möglich.

7. Rauchschwache Feuerung, sowohl beim Anheizen wie bei Fahrt.

8. Schonung des Wagens und des Anstriches durch Vermeidung von Qualm und Kohlenstaub, desgleichen größere Annehmlichkeit für die Fahrgäste.

9. Sicherheit gegen Überbeanspruchung und Explosion des Kleinkessels, da die Flamme jederzeit sofort an- und abgestellt werden kann.

10. Keine Verlegung der Kesselzüge durch Flugasche, daher wenig Reinigungsarbeiten.

11. Kein Ausschlacken und Reinigen des Feuers nach der Fahrt; der Wagen wird ohne weiteres in den Schuppen abgestellt.

12. Bessere Ausnutzung des Wagens, da der Zeitaufwand für den größten Teil der bei Kohlenfeuerung erforderlichen Betriebsarbeiten fortfällt.

Die Vorteile der Zusatzfeuerung andererseits, wie sie sich nach den Beobachtungen im Betriebe ergeben haben, sind folgende:

1. Die Kesselleistung kann durch Zusatzfeuerung dauernd um 15 bis 20 Proz. erhöht werden, und zwar bis an die Grenze der Zylinderleistung und ohne Mehrbeanspruchung des Heizers.

2. Dadurch ist eine höhere Belastung der Lokomotiven zulässig, die bei den meisten Lokomotivtypen bis an die Grenze der Maschinen- bzw. Schleppleistung gesteigert werden kann.

3. Störungen infolge Dampf- und Wassermangel infolge schlechter Kohle, Verschlacken der Roste, Verlegung der Rohre werden verhindert, sofern die Zusatzfeuerung in gut arbeitendem Zustande erhalten wird.

4. Infolge Verringerung der Schlackenbildung und des Verlegens der Rohre und der Rauchkammer durch Zinder und Flugasche fallen Zwischenreinigungen fort; es sind kürzere Wendezeiten möglich, somit höhere kilometrische Leistungen, bessere Ausnutzung der Lokomotiven (besonders Güterzuglokomotiven) und Durchfahren längerer Strecken ohne Lokomotivwechsel (Schnellzuglokomotiven).

5. Qualm wird eingeschränkt und kann auf Bahnhöfen und bei Durchfahrt von Tunnels durch geeignete Behandlung des Feuers ganz vermieden werden.

6. Beschädigungen der Feuerkiste und der Feuerlochumgrenzung durch hohes Feuer werden vermieden, eine größere Schonung der ganzen Feuerkiste ist zu erwarten, der Rost bleibt gut erhalten.

7. Der Einbau der Zusatzfeuerung läßt sich im allgemeinen einfach und mit verhältnismäßig niedrigen Kosten durchführen.

8. Die gesamten Feuerungsmaterialkosten stellen sich im Durchschnitt nicht, bzw. nicht wesentlich höher als bei reiner Kohlenfeuerung, ausgenommen für die unmittelbare Nachbarschaft der Kohlenreviere.

Der Verbrauch von Rohöl und Petroleumrückständen zum Beheizen von Dampfkesseln und zum Betriebe von Ölmotoren wird sich wesentlich im Transportwesen ausbreiten, da sich jene durch ihre hohe Heizkraft und den geringen Raum, welchen sie einnehmen, hierfür besonders eignen. Was ihre Verwendung zum Heizen von Schiffskesseln anbelangt, so beträgt nach einer englischen Schätzung der Kraftbedarf aller Seeschiffe ungefähr 6,8 Mill. PS, während uns augenblicklich nur 3,5 Mill. PS, welche aus Erdöl gewonnen werden, zur Verfügung stehen. Es würde allerdings einen bedeutenden Umschwung im Erdölverbrauch und eine erhebliche Verschiebung auf dem Brennstoffmarkte bedeuten, wenn die Kriegsmarinen der großen Staaten in ausgedehnterem Maße zur Ölfeuerung oder zur Verwendung von Ölmaschinen für Kriegsschiffe übergehen würden; der Kostenpunkt spielt hier keine so ausschlaggebende Rolle wie bei der Handelsmarine. Es ist dies jedoch kaum anzunehmen, weil gerade diejenigen Länder, welche große Kriegsmarinen besitzen, mit Ausnahme der Vereinigten Staaten von Amerika, kein oder nur wenig Erdöl gewinnen und dadurch von fremden Ländern abhängig würden, ganz abgesehen davon, daß bei den riesigen Kraftmengen, um welche es sich hier handelt, der Heizstoff keinesfalls ausreichen würde. Zwar könnte z. B. Deutschland auf seine jetzt 450 000 Tonnen betragenden Steinkohlenteere, im Notfall auch auf Braunkohlenteer zurückgreifen (s. unten), doch würde dies die Heizung verteuern. Ob das Erdöl später vielleicht in größerem Maßstabe zu diesem Zweck verwendet werden wird, hängt ganz

von der Entwickelung seiner Gewinnung ab. Wenn z. B. die Produktion von Kalifornien noch weiter so stark steigen sollte wie in den letzten Jahren, so könnten die im Stillen Ozean zwischen Amerika und Asien oder Australien verkehrenden Dampfer allgemein zur Ölheizung ihrer Kessel übergehen, und ganz ähnlich liegt der Fall auch bei der Mittelmeerschiffahrt.

Unter den für die Verwendung von Erdöl und anderen flüssigen Brennstoffen geeigneten Motoren ist, wie schon eingangs erwähnt, in erster Linie der Dieselmotor zu nennen. Dieser verwandelt sie im Zylinder ohne jeden vorherigen Umwandlungsprozeß unmittelbar in Arbeit und nutzt sie dabei so weit aus, als es nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft überhaupt möglich erscheint. Die thermische Ausnutzung geht heute in dieser Maschine bis rund 48 Proz. und die effektive Ausnutzung in einzelnen Fällen bis rund 35 Proz. Wenn die gesamten Handels- und Kriegsschiffe der Welt mit Dieselmotoren betrieben würden, so würden schon 40 Proz. der heutigen Weltproduktion an Erdöl ausreichen, um dieselben mit Kraft zu versorgen, und mit der ganzen derzeitigen Weltproduktion könnten etwa 100mal so viel Dieselmotoren betrieben werden, als gegenwärtig bestehen.

Was die wirtschaftliche Bedeutung des Dieselmotors für Elektrizitätswerke anbelangt, so setzte z. B. Gercke[1]) dieselbe in Vergleich zu der der Dampfturbine und gelangte dabei zu folgendem Urteil:

„Wenn heute eine neue Zentrale kleiner Leistung — also bis etwa 1000 PS Gesamtleistung — gebaut werden soll, so erweist sich bei normalen Verhältnissen der Dieselmotor als die vorteilhafteste Betriebskraft, wenn nicht wegen besonderer Brennstoffverhältnisse eine Kolbendampfmaschinenanlage vorzuziehen ist. Turbinen können für so kleine Leistungen nicht empfohlen werden.

Bei mittelgroßen Zentralen — bei solchen mit 1000 bis etwa 6000 PS Gesamtleistung — wird die Dampfturbine in vielen Fällen, bei großen Zentralen mit Einheiten von über 6000 PS = 4000 KW bestimmt dem Dieselmotor wirtschaftlich überlegen sein.

Das hindert aber nicht, daß sich der Groß-Dieselmotor auch für mittelgroße und große Zentralen trotzdem als eine

---

[1]) Techn. u. Wirtsch. 1912, S. 526.

außerordentlich wertvolle Betriebsmaschine neben den Dampfturbinen erweisen kann.

Abgesehen davon, daß der Dieselmotor bei hohen Belastungsfaktoren und hohen örtlichen Brennstoffpreisen auch bei verhältnismäßig großen Einheiten wirtschaftlich mit den Dampfturbinen in Wettbewerb tritt, können verschiedene wertvolle Eigenschaften des Dieselmotors den Anlaß bieten, ihn auch in den modernen Dampfturbinen-Zentralen aufzustellen — in erster Linie seine sofortige Betriebsbereitschaft bei Vermeidung jeglichen Brennstoffverbrauches während des Stillstandes. Selbst große Einheiten können aus dem Ruhezustand in zwei Minuten auf das Netz parallel geschaltet und voll belastet werden, was bei einer Betriebsstörung der Zentrale oder einer plötzlichen Steigerung der Belastung sehr angenehm ist.

Dazu kommen noch folgende Vorteile: geringer Platzbedarf, meist konzessionsfreie Aufstellung, einfache Brennstoffzufuhr, einfache Aufspeicherung großer Mengen des Brennstoffes ohne Verlust.

Im Falle von Kohlenarbeiterstreiks oder sonstigen Störungen der Kohlenzufuhr ist der Dieselmotor der gegebene Retter aus schweren Verlegenheiten, da er unabhängig vom Brennstoff der Dampfzentralen ist, und da das Treiböl durch einfache Tank- und Pumpenanlage bequem abgefüllt und der Verwendung zugeführt werden kann.

Die Lagerung und der Transport der Kohle dagegen ist auch bei noch so vollkommenen Förderanlagen wesentlich teurer und abhängig vom Bedienungspersonal, dessen plötzliches Versagen die Kohlenzufuhr der Dampfzentrale in kurzer Zeit lahmlegt, zumal wenn die Bunker im Kesselhaus nicht sehr reichlich bemessen sind. Auch ist die Stapelung großer Kohlenmengen mit nicht geringen Verlusten und auch mit Feuersgefahr verbunden."

Derselbe zieht ferner folgende Schlüsse:

„1. Das Anlagekapital einer Dieselmaschinenanlage ist bei Leistungen von mehr als 1000 PS stets höher als das einer gleich großen Dampfturbinenanlage; daher ist auch der Betrag für Abschreibungen und Verzinsung für die Leistungseinheit bei einer Dieselmaschinenanlage stets höher. Diese Mehrbeträge spielen aber nur bei kleinen Belastungsfaktoren eine ausschlaggebende Rolle; bei großen Belastungsfaktoren verschwinden sie fast. Auf keinen Fall kann also der Dieselmotor als zweckmäßige Reserve-

kraft angesehen werden, soweit die Betriebskosten hauptsächlich in Frage kommen. Dagegen steht er in erster Linie, wenn es auf die sofortige Betriebsbereitschaft ankommt.

2. Der Wärmepreis für die Leistungseinheit ist bei Dieselmotoren um nennenswerte Beträge günstiger als bei Dampfturbinen, wenn der örtliche Wärmepreis für 100 000 WE bei Verfeuerung fester Brennstoffe 22 Pfg. und mehr beträgt oder ungünstige Wasserverhältnisse die Ausnutzung der höchsten Kondensatorluftleeren beim Dampfturbinenbetrieb verhindern.

3. Bei einem kleinen Belastungsfaktor und niedrigen örtlichen Brennstoffkosten kann bei größeren Leistungen nur eine Dampfturbine in Betracht kommen, niemals ein Dieselmotor.

4. Bei einem hohen Belastungsfaktor und hohen örtlichen Brennstoffkosten liegt der Fall umgekehrt, hier ist der Dieselmotor wirtschaftlich überlegen.

5. Die Vorteile beider Maschinengattungen lassen sich in vielen Fällen vereinigen bei einer kombinierten Anlage, bei welcher die annähernd gleichbleibende konstante Grundbelastung oder ein Teil derselben durch Dieselmotoren und die während weniger Stunden des Tages auftretenden Belastungsspitzen durch die billigen Dampfturbinen und stark forcierbare Hochleistungskessel gedeckt werden.

Auf Grund dieser Erwägungen ist bereits eine Reihe bemerkenswerter Anlagen enstanden, die eine Kombination von Groß-Dieselmaschinen mit Dampfkraftanlagen darstellen, und es ist wohl anzunehmen, daß die hiermit eingeleitete Entwickelung nicht wieder ins Stocken geraten und daß sich der Groß-Dieselmotor in den elektrischen Zentralen mehr und mehr neben den Dampfturbinen einführen wird.“

Eine größere Anzahl von Ölen verschiedener Herkunft wurde — speziell in bezug auf ihre Brauchbarkeit für die Verwendung als Treiböle — von Constam und Schläpfer[1]) untersucht. Hierbei erwiesen sich die galizischen Erdöle als praktisch aschen- und wasserfrei, und, da auch die Elementarzusammensetzung der brennbaren Bestandteile sehr gleichmäßig ist, stehen auch ihre Verbrennungswärmen und die Heizwerte in naher Übereinstimmung.

---

[1]) Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1913, S. 1489. Siehe hierzu auch S. 69.

Die Verbrennungswärme ist zufolge des hohen Wasserstoffgehaltes eine sehr hohe, es stellen daher diese Öle hochwertige Kraftöle dar. Im Gegensatz dazu sind die deutschen Erdöle reicher an Asche und Wasser und auch an Asphalt, daher von höherem spezifischen Gewicht und geringerem Heizwert, auch kann ihre Viskosität so hoch steigen, daß sie stark vorgewärmt werden müssen. Die daraus erhältlichen Destillate eignen sich gut zu Kraftzwecken. Auch die rumänischen Öle zeigen bisweilen einen beträchtlichen Aschengehalt und sind im allgemeinen schwerer und weniger heizkräftig als die galizischen; als heizkräftiger als jene erwiesen sich die untersuchten russischen Öle. Auch die nordamerikanischen Öle (entbenzinierte Öle und Destillationsrückstände) zeigen sich mit einer Ausnahme als für Kraftzwecke brauchbar. Die mexikanischen Öle sind viskos, sowie asphalt- und schwefelreich; auch die daraus gewonnenen Gasöle besitzen einen etwas hohen Schwefelgehalt, sind aber trotzdem als normal zu bezeichnen. Die südamerikanischen Öle sind dickflüssig, wasser- und aschehaltig, und auch die untersuchten indischen Öle zeigten ein hohes spezifisches Gewicht, einen größeren Asphaltgehalt und eine niedrigere Verbrennungswärme; weniger asphaltreich [illegible] dagegen die japanischen Ölrückstände.

Bei der praktischen Prüfung im Dieselmotor ergab sich, daß jedes nicht zu leicht entflammbare Erdöl oder Erdölprodukt, das einen unteren Heizwert von mindestens 10000 WE besitzt und weder mechanische Verunreinigungen, noch Asphalt enthält, in allen Fällen als Treiböl brauchbar ist. Bei Erdölen mit anderen Eigenschaften muß die Arbeitsweise des Motors dem Öle angepaßt werden. So muß dieses bei hohem Erstarrungspunkt und hoher Viskosität vorgewärmt werden; bei einem größeren Gehalt an Asphalt oder an Destillationsrückstand kann man sich bisweilen mit höherer Verbrennungstemperatur helfen, usw.

Was nun die Verwendung des Erdöles als Brennstoff anbelangt, so soll das rohe Erdöl weder direkt als flüssiger Brennstoff noch als Treibmittel für Motoren benutzt werden, da sich daraus durch Fraktionierung Produkte erzeugen lassen, die einen ungleich höheren Wert repräsentieren, als dem Heizwert derselben allein entspricht, da sie vielfach Eigenschaften besitzen, zufolge welcher sie in gewisser Richtung bisher noch von keinem anderen Produkt erreicht wurden. Erdöl direkt zu verwenden ist wirtschaftlich

ebenso unrationell, wie wenn man eine gute Backkohle direkt auf dem Rost verheizen würde.

Daraus ergibt sich aber ferner auch, daß das in einem Lande produzierte Erdöl oder Rohöl auch in demselben vollständig ausgewertet werden soll, da die aus demselben gewonnenen Produkte auch im Inland eine steigende Verwendung finden und voraussichtlich auch eine Preissteigerung und wahrscheinlich nicht eine Preiserniedrigung erfahren werden. Die Ausfuhr von Erdöl ist deshalb möglichst einzuschränken.

Namentlich sind es die Leichtbenzine, die für die Aviatik durch nichts anderes ersetzbar sind, und für die wir fast keine andere ergiebige Quelle haben als das Erdöl. Durch die unmittelbare Verwendung desselben als Brennstoff aber wird das Material zur Benzingewinnung gewissermaßen vernichtet, und es sollte daher der Staat nicht nur innerhalb seiner eigenen Betriebe die Einstellung der Rohölfeuerungen verfügen, sondern auch durch geeignete Maßnahmen der Rohölfeuerung überhaupt entgegentreten.

Für diese Forderung sprechen außerdem auch noch rein technische Gründe, indem sich zur unmittelbaren Verbrennung als Heizöle nur Erdöle von höherem Flammpunkt eignen. Die galizischen Erdöle z. B. sind als solche wegen ihres Benzingehaltes zur Lokomotivfeuerung nicht geeignet, da sie zufolge ihres entsprechend niedrigeren Flammpunktes in ziemlich hohem Grade feuergefährlich sind und auch zu Explosionen Veranlassung geben können. Ein solches Öl darf z. B. auch vor dem Zerstäuben in der Ölfeuerung nicht vorgewärmt werden, da sich sonst in den Rohrleitungen Dämpfe bilden, was ein unruhiges Brennen zur Folge hat. Man muß deshalb solchen Erdölen zwecks ihrer Verwendung zu obigem Zwecke das Benzin, also im allgemeinen die bis 150° übergehenden Anteile, durch Fraktionierung entziehen.

Wenn man daher bei uns von einer Rohölfeuerung kurzweg spricht, so meint man meistens eine Feuerung mit entbenziniertem Erdöl.

Es besteht überhaupt in den Bezeichnungen der Produkte der Erdölindustrie in mancher Hinsicht noch keine übereinstimmende Auffassung. Wie wesentlich verschieden jedoch selbst die häufig gebrauchte Bezeichnung „Rohöl“ angewandt wird, erhellt unter anderem aus einem kürzlich gehaltenen Vortrage von Aufhäuser

„Über die Treibmittel des Dieselmotors mit besonderer Berücksichtigung der Seeschiffahrt". In dem Berichte darüber in der Chemikerzeitung[1]) heißt es, daß noch gewisse Schwierigkeiten bezüglich zweier Brennstoffe, Roh- und Teeröl, bestehen. Es heißt dann wörtlich: „Unter Rohöl ist dabei der Destillationsrückstand zu verstehen, welcher zurückbleibt, nachdem aus dem rohen Erdöl das Benzin und Leuchtöl abgetrieben sind. Dieses Rohöl macht mehr als 50 Proz. der Weltproduktion an Erdöl aus." Es liegt also in dieser so gebrauchten Bezeichnung „Rohöl" ein wesentlicher Unterschied von der Bezeichnung „Erdöl" vor. Aber jeder, der sich mit der Technologie des Erdöles beschäftigt, wird wohl beistimmen, daß man ein Material, bei dessen Erzeugung die Hälfte der Bestandteile des entsprechenden Naturproduktes, des Erdöles, durch technische Prozesse entfernt wurde, nicht mehr als Rohöl bezeichnen kann, sondern daß dieses Produkt den in der einschlägigen Literatur allgemein beigelegten Namen „Erdölrückstände" zu führen hat, welcher es eben zutreffend charakterisiert. Bekanntlich werden diese Erdölrückstände mit den slawischen Namen „Astatki" bzw. „Masut" schon seit langem als Heizmaterial verwendet. Holde führt sie auf S. 68 seines bekannten Werkes „Untersuchung der Mineralöle und Fette usw." 1905 kurzweg als „Heizöle" an. Bei dieser Gelegenheit sei jedoch darauf hingewiesen, daß hinsichtlich der Bezeichnung Rohöl tatsächlich verschiedene Auffassungen vorliegen.

Das entbenzinierte Produkt führt verschiedene Namen, so z. B. heißt es mitunter schlechtweg Heizöl, andererseits wird, wie oben angeführt, bei seiner Verwendung kurzweg von einer Rohölfeuerung gesprochen. Sussmann nennt den nach Abdestillation der nächst übergehenden und besser verwertbaren Bestandteile verbleibenden Rückstand, der als Heizöl verwendet wird, Restöl. Wie man sieht, ist also die von Aufhäuser a. a. O. gebrauchte Bezeichnung Rohöl unter keinen Umständen zulässig. Denn wenn auch die gebräuchlichste und zutreffendste Bezeichnung für das in Frage kommende Naturprodukt in deutscher Sprache jetzt Erdöl ist (früher auch Steinöl, Bergöl genannt), so wird doch sehr häufig als gleichbedeutend mit Erdöl die Bezeichnung Rohöl verwendet (siehe z. B. v. Höfer, S. 125, und Schmitz, „Die flüssigen

---

[1]) 1913, S. 29.

Brennstoffe usw.“, insbesondere die Abhandlung von Holde, „Über die Petroleumindustrie in Amerika“). Auf keinen Fall darf die Bezeichnung Rohöl für solche Produkte verwendet werden, die ganz anders zusammengesetzt sind als das zu ihrer Darstellung dienende Naturprodukt, das Erdöl selbst.

Donath[1]), der diesen Sachverhalt der Kritik unterzieht, schlägt daher folgende Bezeichnungen vor: Für das ursprüngliche Naturprodukt ausschließlich den Namen Erdöl, womöglich unter Vermeidung der bisher gleichbedeutenden Bezeichnung Rohöl[2]); zweitens für die Rohprodukte, die aus oben angegebenen Gründen zum Zwecke ihrer Verwendung als Heizmaterial aus dem Erdöl dargestellt wurden, wobei letzteres benzinfrei gemacht wurde, entbenziniertes Erdöl[3]). Damit ist die Herkunft und Beschaffenheit deutlich gekennzeichnet; eine vielleicht ebenfalls anwendbare Bezeichnung wäre etwa Benzindestillationsrückstand oder, mit Rücksicht auf die Verwendung, entbenziniertes Heizöl. Produkte, bei deren Erzeugung sowohl Benzin als auch das eigentliche Leuchtpetroleum vom Erdöl abdestilliert wurde, sollen wie bisher allgemein die deutsche Bezeichnung Erdölrück-

---

1) Chem.-Ztg. 1913, S. 661.

2) Die Bezeichnung Rohöl, obwohl allgemein in der Erdölindustrie gebräuchlich, wird nämlich auch in anderen Industrien verwendet; so z. B. spricht man in der Schwelteerindustrie (siehe Scheithauer, „Die Schwelteere usw.“) bei der Destillation des Braunkohlenteeres (S. 76) auch von Rohöl bzw. von leichtem und schwerem Rohöl. — Wenn am Beginne einer längeren Ausführung die Bezeichnung Erdöl gebraucht wurde, so genügt dies natürlich schon, um alle späteren Bezeichnungen wie Rohöl, Erdöl, Ölfelder, Ölfeuerung usw. vollkommen verständlich zu machen. In neuerer Zeit, bei der starken Zunahme von industriellen Feuerungen mit flüssigen Brennstoffen, wird jedoch häufig von einer Ölfeuerung kurzweg gesprochen. So heißt es unter anderen, um nur ein Beispiel anzuführen, in der Montanistischen Rundschau 1913, S. 158: „Ölfeuerungen für Bessemerkonverter usw.“, und ferner im Sprechsaal 1913, S. 113: „Ölfeuerungen für Glasschmelzöfen“, und es wird hier von „Rohölen“ gesprochen. Eine solche Bezeichnung ist selbstverständlich zur genauen Kenntnis des behandelten Gegenstandes nicht völlig ausreichend, da sowohl Erdöle wie auch Steinkohlenteeröle und ebenso Braunkohlenteeröle damit gemeint sein können.

3) Nach den Untersuchungen von Charles F. Mabery aus dem Journal of Ind. and Engin. Chem. 6, 101—107, Februar 1914, nach dem Chem. Zentralblatt 1914, I, S. 1217, fängt z. B. das Mahoneerdöl erst bei 230° zu destillieren an, enthält also gar kein Benzin und andere darunter siedende Kohlenwasserstoffe.

stände erhalten. (Hierfür findet man mitunter auch die längere, jedoch noch näher charakterisierende Bezeichnung Petroleumrückstände bzw. Petroleumdestillationsrückstände.) Produkte, welche außerdem auch noch von ihrem Paraffingehalt befreit wurden (s. u.), könnten den Namen entparaffinierte Rückstandheizöle oder kürzer entparaffinierte Heizöle führen.

Auf die Verwendbarkeit auch von entbenziniertem Erdöl und von Petroleumrückstandölen überhaupt für Heizzwecke ist auch ihr Paraffingehalt von großem Einfluß. Denn von ihm hängt ihr Flüssigkeitsgrad ab, und es läßt sich ein dickes, stark asphalt- oder paraffinhaltiges Rohöl ohne genügende Vorwärmung nicht hinreichend zerstäuben. Auch schon um die Reibungsverluste in den Zuführungsleitungen zu verringern, ist eine möglichst dünnflüssige Beschaffenheit des Heizstoffes von Wichtigkeit. In amerikanischem und russischem Rohöl ist durchschnittlich wenig Paraffin enthalten, erheblich mehr davon dagegen in galizischem und rumänischem. Es müssen dann z. B. bei Lokomotivheizung sowohl die Tenderbehälter mit Heizeinrichtungen versehen als auch bei besonders dickflüssigen Heizölen außerdem noch in die Zuführungsleitung zu den Brennern ein Heizapparat eingeschaltet werden, in welchem sie mittels Dampf entsprechend vorgewärmt werden. Nur muß dieses Vorheizen, um eine Verkokung und ein Ansetzen in den Brennern zu verhüten, vorsichtig vorgenommen werden.

Dasselbe gilt auch vom Verbrennen im Dieselmotor, indem hier stark benzinhaltige Öle zum Stoßen in der Maschine neigen, solche mit einem größeren Prozentsatz an hochsiedenden Bestandteilen bei der Zuleitung und Zerstäubung Schwierigkeiten verursachen und auch zur Bildung von Rückständen im Zylinder Veranlassung geben.

Man soll daher Rohöl nur dann direkt als Heizöl verwenden, wenn sein Gehalt an hochwertigen Destillationsprodukten nur gering ist, oder wenn durch seine chemische Zusammensetzung bei der Verarbeitung Schwierigkeiten entstehen, wie dies besonders bei den schwefelreichen Rohölen von Ohio, Texas und Kalifornien der Fall ist. Sonst aber wird zuerst durch Raffination daraus Benzin, Leucht- und Schmieröl gewonnen, und nur die minderwertigen Rückstände dienen als Brennstoff.

Die Gestaltung der Petroleumpreise auf dem Weltmarkte wird vorzugsweise von der in Nordamerika in den 60er Jahren des

vorigen Jahrhunderts durch Rockfeller begründeten Standard Oil Company beherrscht. Sie ist die Besitzerin des größten Teiles des Hunderttausende von Kilometern umfassenden Rohrnetzes (Pipe lines), durch welches das Rohöl aus den Produktionsgebieten in die Raffinerien geleitet wird. Der Transport stellt sich dadurch viermal so billig als durch die Eisenbahn in Zisternenwagen. Ferner sind in den Vereinigten Staaten die großen Raffinerien an die Küste verlegt, was den Vorteil bietet, das Leuchtöl sogleich transportfähig in die Tankschiffe verladen zu können. Der Zustand, wie er sich in Galizien, Rumänien und Rußland herausgebildet hat, wo man die Verarbeitungsstätten in nächster Nähe der Gewinnungsstätten erbaut hat, ist nur ein Übergangszustand, der bei weiterer Erstarkung des Bohrbetriebes weichen muß.

Die österreichische Produktion an Erdöl[1]) erreichte erst vor etwa 17 Jahren eine solche Höhe, daß dadurch der inländische Bedarf fast zur Gänze gedeckt werden konnte, während bis dahin ausländisches, vorwiegend kaukasisches, aber auch rumänisches Rohöl importiert wurde. Erst die Erschließung des Terrains von Tustanowice bei Boryslaw im Jahre 1901 ermöglichte einen Export in größerem Umfange. Als nun gegen das Jahr 1907 gewisse galizische Erdölfelder eine beispiellose Ergiebigkeit aufwiesen, begann daselbst eine sprunghafte Steigerung der Rohölproduktion, welche im Sommer 1907 einsetzte und im Jahre 1909 ihren Höhepunkt erreichte. Diese enorme Überproduktion hatte, da für den Überschuß keine Reservoire vorhanden waren, eine Preisbewegung nach abwärts zur Folge, bis zu einem Tiefpunkte von einem Preise um 8 K herum pro Tonne. Zur Sanierung dieser Verhältnisse griff der Staat ein, unter dessen Ägide im Sommer 1908 der Landesverband der galizischen Rohölproduzenten begründet wurde, welcher die Aufgabe hatte, die Rohölpreise wieder auf eine den Produktionskosten entsprechende Höhe zu bringen, und auf den galizischen Bahnen wurde die Heizölfeuerung eingeführt. Die Staatsverwaltung traf hierzu mit dem Landesverbande einen Ab-

[1]) Wenn im vorliegenden die Gewinnung und Verarbeitung des Erdöles in Österreich (Galizien) eingehender erörtert wird, so geschieht dies hauptsächlich, weil auch viele industrielle und technische Kreise des deutschen Reiches daran näheres Interesse haben. Siehe hierzu unter anderem auch Stransky, Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1913, S. 49.

schluß auf 150000 Zisternen Rohöl zu einem Preise von 2,84 K pro Doppelzentner, in vier aufeinanderfolgenden Jahren lieferbar, und schloß später noch einen zweiten Lieferungsvertrag auf weitere 90000 Zisternen à 3,09 K pro Doppelzentner ab. Zur Aufnahme der Produktionsüberschüsse wurden auf Staatskosten große Erdölreservoire errichtet und seitens der Staatsbahnwerkstätten gegen 700 Lokomotiven für Ölfeuerung ausgerüstet. Da ferner das galizische Erdöl wegen seines Benzingehaltes als Heizöl für Lokomotivfeuerungen, wie ausgeführt, nicht direkt benutzt werden kann, wurde auf Vorschlag Albrechts von Groeling, des um die technische Ausbildung der Erdölindustrie Österreichs verdienten und in Fachkreisen allgemein bekannten Ingenieurs, im Jahre 1908 mit einem Kostenaufwande von 14 Mill. Kronen in Drohobycz eine große staatliche Entbenzinierungsanstalt errichtet, um die großen Mengen Erdöl von ihrem Benzingehalt zu befreien und das entbenzinierte Erdöl als Heizöl verwendbar zu machen.

Die bloße Entbenzinierung ist, wie schon oben angedeutet, nationalökonomisch unrichtig, weil dabei das entbenzinierte Erdöl, das noch so wertvolle Produkte wie Leuchtöl, Schmieröl und Paraffin liefern könnte, in verschwenderischer Weise einfach in den Lokomotivfeuerungen verbrannt wird. Es richtete daher auf Anregung des Landesverbandes der Rohölproduzenten die Lemberger Handels- und Gewerbekammer an das Ministerium für öffentliche Arbeiten eine Eingabe, in welcher sie die allmähliche Auflassung bzw. Einschränkung der sogenannten Rohölfeuerung auf den k. k. Staatsbahnen empfahl, da dies, abgesehen von verschiedenen Gründen, bei den fortwährend steigenden Preisen des Leuchtpetroleums unrationell sei und zu einer beträchtlichen Verteuerung desselben für das konsumierende Publikum beitragen würde, was vom sozialpolitischen Standpunkte aus nicht unbedenklich wäre. Dabei gab aber die Handelskammer auch der Meinung Ausdruck, daß eine Änderung in dem Besitze und Betriebe der k. k. Mineralölfabrik in Drohobycz nicht eintreten solle, daß es vielmehr angezeigt erscheine, in Hinblick auf die Notwendigkeit einer einwandfreien objektiven Regulierung der Preise der Naphthaprodukte die genannte Fabrik, die einen Musterbetrieb darstellt, auch weiterhin im Besitze und in der eigenen Verwaltung des Staates zu belassen.

Tatsächlich wurde dieselbe auch durch Hinzufügung einer Paraffinfabrik erweitert, und zwar hauptsächlich aus folgendem Grunde: Das ostgalizische Rohöl enthält über 5 Proz. Paraffin, wodurch es schon bei relativ hoher Temperatur stockt. Um es flüssig zu erhalten, muß es daher mittels Dampf angeheizt werden, wie dies auch beim Lokomotivbetrieb geschieht. Für die Marine jedoch bedeutet dies eine unliebsame Komplikation, weshalb diese entparaffiniertes Öl erhält. Nach einer Mitteilung von Herbst[1]) wird derzeit aus dem Rohöl nicht nur Benzin, sondern auch ein Teil des Petroleums, zusammen 25 Proz., gewonnen und der Rest von 75 Proz. der verarbeiteten Erdöle als dickflüssiger Destillationsrückstand mit einem Heizwert von über 10000 WE als Heizöl verwendet.

Die durch die Einführung der Ölfeuerung erzielte Ersparnis auf den galizischen Strecken dürfte, abgesehen von allen übrigen Vorteilen, allein für Heizmaterial auf etwa 2 Mill. Kronen jährlich anzuschlagen sein. Auf Grund der wirtschaftlichen und betrieblichen Vorteile der Ölfeuerung wurde ihre Anwendung in Österreich neuerdings noch weiter ausgedehnt, insbesondere auch auf die Alpentunnels, und auch auf den in Wien einmündenden Bahnen erprobt.

Durch dieses Eingreifen des Staates war die Unterbringung der Produktionsüberschüsse ermöglicht, gleichzeitig zeigte sich aber in der galizischen Erdölproduktion, nachdem diese im Jahre 1909, wie erwähnt, ihren Höhepunkt erreicht hatte, ein steter Rückgang:

	Zisternen à 100 dz
1906	76000
1907	118000
1908	175000
1909	208000
1910	176000
1911	146000
1912	etwa 120000

Für 1913 wird ein weiterer Rückgang auf 85000 Zisternen prophezeit, was nicht viel mehr ausmacht, als der österreichische Verbrauch selber bindet.

---

[1]) Vortrag im Österr. Ing.-Ver. am 14. Januar 1911; Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1911, S. 385, 481.

Die Folge davon war ein rasches Ansteigen des Erdölpreises, welcher sich derzeit um 7 K pro Doppelzentner herum bewegt, und auch die fertigen Produkte verzeichnen eine starke Preissteigerung, so insbesondere das Benzin. Denn die sprunghafte Zunahme des Weltkonsums an Benzin für den Betrieb an Kleinmotoren und Automobilen usw. hat einen wahren Benzinhunger verursacht, der aus der Weltproduktion kaum zu stillen ist.

Auch jene Erdölprodukte stiegen stark im Preise, die als Gasöl zur Erzeugung von Ölgas, als Blauöl zur Herstellung von Wagenfett, als Neutralöl zur Imprägnierung von Eisenbahnschwellen und als Motoröl zum Betriebe von Dieselmotoren Verwendung finden. Das Freiwerden des Dieselpatentes hat dem Dieselmotor eine ganz enorme Verbreitung gebracht, so daß sich im Auslande bereits ein Mangel an Motoröl fühlbar macht und billigere Surrogate gesucht werden. Ähnliches gilt auch für die Schmieröle aller Art.

Dagegen sank der Preis für Paraffin infolge größerer Erzeugung an solchem von über 60 K pro Doppelzentner allmählich auf 34 K und hob sich erst dadurch, daß die inländischen Raffinerien ein Paraffin-Zentralverkaufsbureau errichteten, bisher wieder um 10 K über seinen Tiefstand.

Deutschland insbesondere muß, wie dies Kraemer[1]) ausführt, darauf bedacht sein, sich im Interesse seiner Kraftfahrzeug- und Schiffbauindustrie und nicht zum wenigsten im Interesse der Landesverteidigung den Bezug von flüssigen Brennstoffen unter allen Umständen zu sichern. Daß zumal der Schiffbau, dem nach der Meinung vieler Autoritäten ein totaler Umschwung dahin bevorsteht, daß man den Dampfbetrieb auf ein Minimum beschränkt und die Kraft zur Fortbewegung lediglich den Explosionsmotoren zuweist, an der Frage hervorragend interessiert ist, liegt auf der Hand. Denn es kann an eine solche Umgestaltung nicht gedacht werden, wenn der Betriebsstoff nicht überall in Deutschland greifbar erscheint. Daß dies mit der inländischen Erdölerzeugung, welche im Jahre 1911 nur 143 000 Tonnen betrug, erreicht werden kann, ist so lange ausgeschlossen, als diese nicht eine erhebliche Steigerung erfährt, und auf diese ist vorläufig nicht zu rechnen.

---

[1]) l. c.

Aber auch die Erzeugung von Stein- und Braunkohlenteerölen, die für diese Zwecke zu verwenden man inzwischen gelernt hat (s. u.), genügt schon nicht mehr, den gegenwärtigen Bedarf zu decken, den in Zukunft zu erwartenden aber gewiß nicht.

Für Benzin wird der Jahresbedarf des Deutschen Reiches zu 200 000 Tonnen bemessen. Von Gas- und Treibölen wurden im Jahre 1911 nur 46 530 Tonnen eingeführt, welche Menge sich jedoch bei der rasch zunehmenden Verwendung von Explosionsmotoren bedeutend erhöhen wird. Die Stärke der in Deutschland allein gegenwärtig in Bau und Betrieb begriffenen Dieselmotoren ist 774 000 PS. Dabei unterliegt es keinem Zweifel, daß zumal die Schiffahrt erst im Anfangsstadium der Entwickelung ist, nach welcher sie vom Dampfbetrieb zum Ölmotorenbetrieb übergehen wird. Von den rund 35 000 Tonnen solcher Öle, welche die Braunkohlenindustrie liefert, steht fest, daß ihr Erzeugnis meist der Ölgasfabrikation zugeführt wird; eine Steigerung ihrer Erzeugung ist aber, wie gesagt, nicht in Aussicht.

Gleiches ist auch von den als Treiböl verwendeten Steinkohlenteerdestillaten zu sagen. Die Menge dieser schweren Teeröle betrug 1911 rund 350 000 Tonnen und dürfte für 1912 wohl auf 400 000 Tonnen gestiegen sein. Von diesen wurden aber nur rund 20 000 Tonnen als Treiböle verwendet, der Rest diente anderen Zwecken, insbesondere der Schwellentränkung und Ölfeuerung, die besonders auch bei metallurgischen Prozessen sich immer mehr zunehmender Verwendung erfreut.

Deutschland ist also für seinen Bedarf an gewissen Treibölen noch stark auf die Zufuhr vom Auslande angewiesen, und wie dieser steigen wird, sobald sich die Schiffahrt erst einmal der Vorteile bewußt geworden ist, die mit der Verwendung flüssiger Brennstoffe verbunden sind, vermag niemand zu ermessen. Die Raumersparnis, die Verminderung des Heizerpersonals, der Fortfall der Wasserreinigungsapparate, der um das Doppelte erhöhte Aktionsradius bei gleichem Gewicht des verbrauchten Brennstoffes, der Fortfall der Schornsteine und die damit verbundene Schußfreiheit auf Deck, die bequeme Übernahme des Brennstoffes durch Pumpen reden besonders bei der Kriegsmarine eine überzeugende Sprache, so daß die Einführung des Motorbetriebes mit flüssigen Brennstoffen auf den Kriegsschiffen nur noch eine Frage der Zeit

ist und vielleicht nur wegen des nicht gesicherten Bezuges von flüssigem Brennstoff eine Verlangsamung erfährt.

Der Petroleumkonsum Deutschlands wird zu über 70 Proz. durch die Deutsch-Amerikanische Petroleumgesellschaft, eine Tochtergesellschaft der Standard Oil Company, zu etwa 15 Proz. durch österreichisches Petroleum gedeckt; den Rest bestreiten Rußland und Rumänien.

Deutschland beabsichtigt nun gegen den Öltrust, den Engrosverkauf von Petroleum zu monopolisieren, und zwar in folgender Weise: Es soll eine Petroleum-Vertriebsgesellschaft als Aktiengesellschaft mit einem Grundkapital von 60 Mill. ℳ gegründet werden, welche die Herstellung und den Großverkauf des Petroleums übernimmt, während der Kleinverkauf und der Handel mit den Nebenprodukten frei bleibt. Diese Vertriebsgesellschaft steht unter der Aufsicht des Reichskanzlers, welcher für sie einen Reichskommissär mit einem Beirat von 20 Sachverständigen bestellt. Auf die Preisgestaltung nimmt der Staat derart Einfluß, daß der Gewinn bei Überschreitung einer gewissen Grenze teils an den Staat, teils an einen Preisregulierungsfond und nur zu geringem Teil an die Gesellschaft selbst fällt, während ihr Gewinnanteil bei Verkauf unterhalb dieser Preisgrenze progressiv wächst.

Nach den Ausführungen von Spies[1]) hängt dabei die Sicherung der Versorgung Deutschlands mit Erdöl keineswegs von Verträgen ab, welche die Reichsregierung für Teilmengen abschließen könnte, sondern sie ergibt sich in mehr denn genügendem Maße aus der für die Ausfuhr nach Deutschland in den vier in Betracht kommenden Exportländern verfügbaren Leuchtölmenge[2]).

Auch in Frankreich ist man bereits der Monopolfrage nahe getreten[3]), durch Einbringung einer Gesetzesvorlage, die die Mineralölraffination in Frankreich und den Handel mit rohen und raffinierten Mineralölprodukten unter staatliche Regie mit privater Beteiligung stellen will.

Als Ersatz für Motorbenzin wird neuerdings ein unter dem Namen Economin auf den Markt gebrachtes Produkt vorgeschlagen[4]).

---

[1]) Siehe oben.

[2]) Über den neuesten Stand dieser Frage siehe Leis, Petroleum 1914, S. 746, ferner auch S. 678 u. 760.

[3]) Petroleum 1914, S. 776.

[4]) Ebenda 1914, S. 550.

Seine Herstellung geschieht nach Cassal in folgender Weise: Ein abgemessenes Volumen gewöhnlichen Petroleums wird in einem Mischapparat mit konzentrierter Schwefelsäure gemischt, und dazu kommen abgemessene Mengen von „Benzin“ und Benzol, die Harz und Pikrinsäure enthalten, und zwar 4 Volumen auf 21 Volumen Petroleum. Das Ganze wird dann gut gemischt und mehrere Stunden stehen gelassen. Alsdann wird die Mischung in einen Destillationsapparat gebracht und bis auf eine Temperatur von 225 bis 240° C abdestilliert. Das so gewonnene Destillat bildet das Economin-Motorbenzin und beträgt etwa 80 Proz. der ganzen angewendeten Mischung. Führt man die Destillation weiter, so erhält man noch ein weiteres Destillat, etwa 10 bis 15 Proz. des gesamten Volumens der verwendeten Mischung, das, wenn auch nicht für den Motorbetrieb, so doch zweifelsohne für andere Zwecke brauchbar ist.

Nach einigen in England und Deutschland vorgenommenen Vergleichsversuchen wäre das Economin praktisch gleich mit Benzin, während es zugleich viel billiger ist.

Speziell in den Vereinigten Staaten hat sich ferner seit etwa drei Jahren eine ganz neue Industrie, die Fabrikation der Naturgaskondensate, entwickelt[1]). Schon seit längerer Zeit war bekannt, daß gewisse Naturgase bei ihrer Fortbewegung in Rohrleitungen, namentlich unter Druck, besonders im Winter, Kondensate ausscheiden. Die (teilweise oder gänzliche) Verflüssigung derartiger Gase nun kann erfolgen:

1. Durch Kompression bei normaler Temperatur;
2. durch Kompression unter Abkühlung mit Hilfe natürlicher oder künstlicher Kühlmedien;
3. durch Kühlung allein (eventuell unter Verwendung sehr mäßigen Druckes);
4. durch Expansion der komprimierten Gase;
5. teilweise durch Absorption in geeigneten Lösungsmitteln.

Der heute weitaus gebräuchlichste Arbeitsvorgang ist der nach 2., insbesondere kombiniert mit dem nach 4., also Kompression unter mehr oder minder intensiver Abkühlung, letztere zum Teil bewirkt durch die Expansion der komprimierten Gase. Man erhält so verschiedene Produkte, Gasolin (Naturgasolin), ver-

[1]) Siehe Singer, Petroleum 1914, S. 453 ff.

flüssigtes Gas (Gasol), komprimiertes verflüssigtes Gas. Das schwere Gasolin wird für die gleichen Zwecke wie Handelsgasolin verwendet, das leichte als Lösungs- und Extraktionsmittel, das mittlere dient zum Verschneiden, für Automobile und rasch laufende Gasolinmaschinen. Das flüssige Gas kann in jedem Brenner gebrannt und auch für motorische Zwecke verwendet werden.

Die Produktion an Naturgasolin betrug nach Hill 1911 7425839 Gall., 1912 12081179 Gall.; pro 1914 schätzt man sie auf über 16 Mill. Gall.

Den bereits mehrfach angeführten Vorteilen der Erdölfeuerung stehen folgende Nachteile gegenüber: Man kann dasselbe nur in besonders dazu eingerichteten Feuerungen verbrennen, durch die dabei auftretende hohe Temperatur leiden die Kessel, zur Zerstäubung ist ziemlich viel Dampf nötig, und zur Hintanhaltung von Entzündungs- und Explosionsgefahr sollen nur die hochsiedenden Destillationsrückstände verwendet werden.

Es ist daher eine andere Art, Erdölprodukte zu Heizzwecken zu verwenden, nicht außer Auge zu lassen, nämlich ihre kombinierte Anwendung mit Torf.

Was die Torfheizung selbst anbelangt, so sind gepreßte Torfbriketts zwar sehr dauerhaft, ziehen nur wenig Feuchtigkeit an, lassen sich bequem aufbewahren und brennen gut, dagegen zerfallen sie bei großer Hitze, werden dann mit den Feuergasen als Staub mitgerissen und verstopfen so die Rauchzüge, wodurch sie besonders zur Beheizung von Lokomotiven ungeeignet erscheinen. Der Maschinentorf wieder zerbröckelt beim Transport, ist so wie Holz stark hygroskopisch, und zufolge der geringen Intensität des Verbrennungsprozesses tritt beim Heizen damit ein eigentümlicher Geruch auf. Insbesondere aber verträgt er die Kosten eines weiteren Transportes nicht, da wegen seines niedrigen spezifischen Gewichtes beim Verfrachten die volle Tragfähigkeit der Waggons nicht ausgenutzt werden kann.

Zur Beseitigung dieser Übelstände und gleichzeitig auch zur Erhöhung des Heizwertes des Torfes wurde daher bereits vielfach versucht, den getrockneten Torf mit Erdöl oder Destillationsrückständen von solchem zu durchtränken. Man erhält dadurch ein Produkt, welches weder hygroskopisch ist, noch zu Staub zerfällt, und in bezug auf seine kalorische Kraft der Kohle gleichwertig ist.

In zahlreichen Patenten wurde ferner hier auch die Eigenschaft der Erdölprodukte auszunutzen versucht, daß sie sich durch Auflösen von Seife darin in gallertartige Massen verwandeln, welches Verhalten bereits früher zur Erzeugung von Erdöl-Steinkohlenbriketts benutzt wurde.

Diese Verfahren konnten sich bisher aus dem Grunde nicht einbürgern, weil sie alle von einem bereits fertigen Produkte, dem trockenen Torf, ausgingen, welcher im Gegensatz zu dem einfach durch Handstich oder Formmaschinen gewonnenen Rohtorf durch die zu seiner Herstellung erforderlichen Manipulationen, wie Zerkleinern, Mischen und Brikettieren, bereits entsprechend verteuert ist, und weil sie außerdem noch kostspielige Imprägnierungs- und Verseifungsverfahren erforderten.

Die weiteren Bestrebungen in dieser Richtung gingen daher dahin, die Vermischung der Heizöle mit dem Torf in einer billigeren Art und Weise zu bewerkstelligen, so daß sich dabei die Arbeitskosten nicht höher als für den gewöhnlichen Form- oder Maschinentorf gestalten. So werden z. B. nach dem Verfahren von Zailer die Heizöle unmittelbar dem nassen Rohtorf in den Formmaschinen selbst einverleibt, wobei die Vermischung vollkommen kostenlos vor sich geht. Das Öl wird bei diesem Verfahren, fein emulgiert, sehr gleichmäßig in der breiigen Torfmasse verteilt, und es treten, was ein weiterer Vorteil ist, aus dem fertigen Produkt im Gegensatz zu den imprägnierten Torfen weder durch Druck oder Erwärmung durch Sonnenstrahlen, noch in der Feuerung selbst ölige Bestandteile aus.

Die Bedeutung einer derartigen Kombination flüssiger Brennstoffe mit Kohle, Torf oder anderen festen Heizstoffen ist gewiß nicht zu unterschätzen, namentlich mit Rücksicht auf die Schwankungen der Marktpreise der Mineralöle, ihrer vielleicht manchmal schwierigen Magazinierung, sowie auch angesichts der Hindernisse, welche sich oftmals der Einrichtung von Feuerungen für ausschließlichen Gebrauch flüssiger Brennstoffe entgegenstellen. Namentlich kommt sie auch für solche Erdöle in Betracht, welche nur sehr zähe, schwer zu zerstäubende Destillationsrückstände hinterlassen, auf jeden Fall aber ganz insbesondere für solche Länder, in welchen große Torflager vorhanden sind, die zufolge ihrer minderwertigen Beschaffenheit nicht exploitationsfähig sind, es aber auf diesem Wege, durch Erhöhung des Heizwertes, leicht

gemacht werden können, wenn sich die nötigen Heizöle leicht und billig beschaffen lassen. Es gilt dies z. B. besonders für den östlichen Teil von Galizien, wo Torf und Erdöl in großen Mengen fast unmittelbar benachbart vorkommen, während hier der Preis der Kohle durch den weiten Transport eine zu große Höhe erreicht. In derartigen Fällen dürfte Öltorf als Ersatzmittel für Kohle eine Zukunft haben.

B. Stein- und Braunkohlenteergewinnung bei besserer Ausnutzung der Kohlen.

Das Nationalvermögen eines Staates wird, abgesehen von anderen Momenten, um so größer, je mehr die in demselben produzierten Rohstoffe im Staate selbst auch auf das wirtschaftlichste, somit auf das gewinnbringendste verwertet werden. Insbesondere gilt dies von denjenigen Rohstoffen, die in größeren Mengen vorkommen, und die durch ihre Fähigkeit, bei der Verbrennung größere Wärmemengen zu entwickeln, und durch die Umsetzung der Wärme in motorische Kraft bzw. Arbeit, die Hauptquellen technischer Energien bilden.

Von den in der Natur vorkommenden Brennstoffen wird das Holz in gewissen Mengen alljährlich durch die Sonnenenergie neu erzeugt, weshalb das gesamte verbrauchte Quantum nicht nur ersetzt, sondern eventuell sogar durch die Produktion übertroffen werden kann. Dagegen sind die Mengen der Mineralkohlen und die des Erdöls zweifellos begrenzt, da ja diese Körper Produkte der Sonnenenergie früherer geologischer Perioden darstellen; bis zu einem gewissen Grade ist dies auch beim Torf der Fall. Da demnach diese Vorräte unbedingt einmal erschöpft werden, ist ihre wirtschaftlichste und gewinnbringendste Ausnutzung um so mehr geboten, als damit auch eine Schonung dieser Energievorräte verbunden ist; jeder unwirtschaftliche Verbrauch in der Gegenwart bedeutet eine Belastung der Zukunft.

Was nun von diesem Gesichtspunkte aus zunächst das Holz anbelangt, so hat es noch vor wenigen Jahrzehnten in vielen Holz produzierenden Staaten als Brennstoff eine sehr große Rolle gespielt. Nicht nur für den Hausbrand, sondern auch für industrielle Betriebe, speziell für die Glas- und keramische Industrie.

Heute wird Holz als Brennstoff für industrielle Zwecke wohl nur in geringem Maße benutzt, z. B. in Form von Abfällen, Sägespänen und daraus erzeugten Briketts bei großen Holzsägen usw. Für den Hausbrand wird es allerdings noch in größerem Maße verwendet, jedoch vorzugsweise nur dort, wo schwierige Transportverhältnisse oder Preisverhältnisse und andere Gründe die Verwendung von Mineralkohlen nicht gestatten, oder aber auch in manchen Kurorten aus hygienischen Rücksichten.

Auch beim Holz ist die direkte Verbrennung auf dem Rost die unrationellste Ausnutzung; ebenso unwirtschaftlich ist die früher in gewissen Kronländern in großem Maßstabe betriebene Holzverkohlung in Meilern. Diese ist jedoch sehr bedeutend zurückgegangen, seitdem die eisenmetallurgischen Betriebe, speziell der Hochofenbetrieb, Koks verwenden. Für die Herdfrischereien wird aus bekannten Gründen auch heute noch Holzkohle benutzt.

Die viel rationellere Ausnutzung des Holzes durch Retortenverkohlung hat sich in der letzten Zeit speziell auch in Österreich sehr entwickelt, und es steht dabei die gewonnene Retortenkohle der Meilerkohle an Qualität kaum nach. Die Destillationsprodukte, Methylalkohol, Essigsäure, bzw. die sekundär erzeugten Produkte, Formaldehyd und Aceton, finden eine stetig steigende Verwendung.

Die Fabrikation von Zellulose aus Holz, insbesondere nach dem Sulfitverfahren, hat einen sehr wesentlichen Nachteil, da fast die Hälfte der festen Holzsubstanz, und zwar der den Brennwert wesentlich bedingende Anteil, die Ligninsubstanzen (Inkrusten), dabei in Lösung gehen und in Form der Sulfitkocherlaugen ein sehr lästiges Abfallprodukt der Zellulosefabrikation bilden, ohne daß es bisher gelungen wäre, dasselbe zu verwerten. Bei der in Schweden schon durchgeführten Spiritusgewinnung[1]) aus den Ablaugen werden nur die verhältnismäßig geringen Mengen des vergärbaren Zuckers ausgenutzt. Das Eindampfen bis zum festen Zellpech ist zu kostspielig. Nach Donath dürfte vielleicht eine partielle Konzentration dieser Sulfitkocherlaugen bis zur entsprechenden Sirupkonsistenz und Brikettieren mit gedarrtem Torf, wo derselbe billig zu haben wäre, eine ökonomische Ausnutzung der gesamten Bestandteile der Sulfitlauge ermöglichen.

---

[1]) Siehe hierzu S. 81.

Was den Torf anbelangt, der gegenwärtig speziell im Deutschen Reiche eine viel rationellere Verwendung zu Anlagen von Kraftzentralen innerhalb der Torfmoore selbst gefunden hat, so sind die in manchen anderen Ländern vorhandenen Torflager nicht von der Ausdehnung und Mächtigkeit wie jene im Deutschen Reiche, und deshalb können in denselben die dort gegebenen Beispiele nicht gut nachgeahmt werden. Doch würden speziell in Österreich größere Torflager vielleicht in dieser Richtung eine lokale rentablere Ausnutzung zulassen. Es sei hier hingewiesen auf die Arbeiten von Frank und Caro, denen es gelang, den von Mond zur Vergasung von Kohle eingeführten Prozeß auf Torf anzuwenden. In einer Versuchsanlage auf der Zeche Mont Cenis bei Sodingen (Westfalen) wurde ein Verfahren ausgearbeitet, welches darin besteht, daß roher Torf in Generatoren der Einwirkung von Luft und Wasserdampf unterworfen wird, wobei die gesamte Torfsubstanz in ein Gas von 1250 bis 1350 Kal. Heizwert pro Kubikmeter und Ammoniak, bzw. Ammonsulfat, verwandelt wird. Man gewinnt pro Tonne Torf bei einem Stickstoffgehalt von 1 Proz. 40 kg und bei einem bei Torf häufig vorkommenden Stickstoffgehalt von 2 Proz. (der Stickstoffgehalt des Torfes steigt zuweilen bis auf 4 Proz.) 80 kg Ammonsulfat, dessen Erlös fast die gesamten Betriebs- und Gewinnungskosten des Verfahrens decken, so daß das Gas und die daraus erhältliche Energie also kostenlos herauskommen soll. Über die Verwendung von Torfteerölen als motorische Treibmittel liegen noch zu wenig Erfahrungen vor.

Die Kohle ist für die Weltkraftwirtschaft von so überwiegender Bedeutung, daß sie für lange Zeit durch keine andere Kraftquelle ersetzt werden kann, auch in absehbarer Zukunft nicht. So vorteilhaft es auch ist, in einzelnen Fällen andere Quellen mit heranzuziehen, so wird doch die Kohle die Grundlage unserer Wirtschaft bleiben. Wenn man bedenkt, daß heute die Weltgewinnung von Erdöl 11,4 Mill., diejenige von Naturgas 3,7 Mill. und die der ausgenutzten Wasserkräfte 3,4 Mill. PS darstellt, dagegen die Förderung an Kohle in Form von Kesselkohle, Gaskohle und Fettkohle 146,2 Mill. PS ergibt, so sieht man die gewaltige Überlegenheit der Kohle. Wenn man ferner den Zuwachs an Kraft im nächsten Jahrzehnt beim Erdöl auf 5,2 Mill., bei den Wasserkräften auf 2,6 Mill. PS schätzt und dagegen die Steigerung an

Kraft aus Kohle mit 35 Mill. PS wie im vorigen Jahrzehnt dem gegenübersetzt, so erscheint es ohne weiteres klar, daß die Kohlenkraft auch in der Zukunft der Weltkraftwirtschaft die erste Rolle spielen wird.

Die Geschichte der einschlägigen Gebiete der Technik zeigt, daß wir mit diesem kostbaren Material über ein halbes Jahrhundert in der leichtsinnigsten Weise umgegangen sind. Die Verbrennung der Steinkohle auf dem Rost stellt die denkbar ungünstigste Verwertung derselben dar. Abgesehen davon, daß dabei die Ausnutzung ihres Heizeffektes eine vollkommen ungenügende ist, geht auch der ganze wertvolle Stickstoffgehalt der Kohle verloren, und ihre Fähigkeit, die so wichtigen Kohlenwasserstoffe der aromatischen Reihe zu bilden, wird nicht ausgenutzt. Weiter entstehen bei der Verfeuerung auf dem Rost, da es zwar rauchvermindernde, aber keine rauchfreien Feuerungen für die festen Brennstoffe gibt, auch immer Ruß und Rauch, welche die so überaus lästige Rauchplage verursachen.

Die Benutzung der Kohle für Heizzwecke des gewöhnlichen Lebens spielt neben ihrem Verbrauche in der Maschinenindustrie keine bedeutende Rolle. Die Dampfmaschine aber arbeitet bei der Erzeugung nutzbarer Energie so überaus verschwenderisch, daß im günstigsten Falle kaum $^1/_6$ oder $^1/_7$ der in den Kohlen vorhandenen Verbrennungswärme zur Verwendung kommt. Eine wesentliche Verminderung dieses ungeheuren Verlustes aber kann durch keine Verbesserung in der Konstruktion der Dampfmaschine herbeigeführt werden.

Bei großen Dampfmaschinen von über 1000 PS mit dreifacher Expansion werden — allerbeste Ausführung der Maschinen vorausgesetzt — nur etwa 13 Proz. des Heizwertes der Kohlen in Form von Arbeit verwertet. Dieser Wirkungsgrad sinkt bei kleineren Maschinen bis zu 5 Proz. und weniger. Eine Verbesserung desselben ist nur durch Erhöhung der Anfangs- oder Herabsetzung der Endtemperatur zu erreichen.

Nun steigt die Spannung des gesättigten Dampfes mit seiner Temperatur so rasch, daß man bald zu Dampfdrucken kommt, deren Beherrschung mit unseren Konstruktionsmitteln schwierig zu werden anfängt, ohne daß damit eine merkliche Verbesserung des thermischen Effektes der Maschine herbeigeführt worden wäre.

Auf diesem Wege ist also eine nennenswerte Verbesserung des Wirkungsgrades der Dampfmaschine nicht möglich.

Eine tatsächliche Erhöhung der Wärmeausnutzung in der Dampfmaschine stellt der zuerst von Hirn unternommene Versuch dar, die Anfangstemperatur durch Überhitzung des Dampfes zu steigern. Es führte dies außer einer Erhöhung des theoretischen auch eine beachtenswerte Verbesserung ihres praktischen Wirkungsgrades herbei, da die Überhitzung des Dampfes die schädliche Wirkung der Eintrittskondensation und die Kondensation in der Rohrleitung aufhebt oder doch wesentlich vermindert. Jedoch ist man auch hier schon an der Grenze angelangt, da unsere konstruktiven Hilfsmittel eine Überhitzung über 400 bis höchstens 450° C nicht gestatten.

Die Ursache der so geringen Energieausnutzung der Kohle in den Dampfmaschinen ist jedoch hauptsächlich durch die große in den Abdämpfen nutzlos verlorengehende Wärmemenge bedingt. Bei Kondensationsmaschinen mit einer Kondensationstemperatur von etwa 60° C ist die unterste Grenze für die Temperatur des Abdampfes erreicht. Hat nun das zum Kondensieren desselben dienende Kühlwasser eine Temperatur von 15° C, so wird der Temperaturunterschied von 60 — 15 = 45° C in der Dampfmaschine nicht ausgenutzt.

Der Gedanke, die Abdampfwärme in irgend einer Weise auszubeuten, führte Zimmermann und Behrend zur Konstruktion ihrer Abwärmekraftmaschine, in welcher es durch Übertragung jener auf niedrig siedende Flüssigkeiten ermöglicht wird, deren Dämpfe dann in besonderen Dampfzylindern Arbeit leisten zu lassen, wozu in erster Linie Ammoniak und schweflige Säure in Betracht kommen. Auf diese Weise können noch bis zu 50 Proz. der Maschinenleistung gewonnen werden.

Einen anderen, noch günstigeren Weg, um einen Teil der sonst unausgenutzt gebliebenen Energie des Dampfes zur Arbeitsleistung heranzuziehen, unter Wahrung der Rentabilität der Gesamtanlage, bietet z. B. ferner auch das Rateausche Abdampfverfahren. Für diese Verwertung des Abdampfes eignet sich jedes durchgebildete Turbinensystem.

Eberle äußert sich über diese Bestrebungen folgendermaßen: „Nachdem die Dampfmaschine selbst einen kaum zu steigernden Grad von Vollkommenheit erlangt hat, halte ich die zweckmäßige

Ausgestaltung der Gesamt-Dampfanlagen für eine der vornehmsten Aufgaben der Dampftechnik. Nicht nach dem Dampfverbrauch der Betriebsmaschine, sondern nach der Gesamtausnutzung des Brennstoffes in der Anlage soll deren Güte beurteilt werden.“

Hier kommt neben der Ausnutzung der überschüssigen Wärme der Rauchgase aus der Kesselanlage durch Ekonomiser die Abwärmeausnutzung sowohl bei den Dampfmaschinen, wie auch bei Dampfturbinen und Dieselmotoren zu Heizzwecken in Betracht, zur Beheizung von Fabrikgebäuden, zur Warmwasserbereitung für industrielle oder Badezwecke, zur Lufterwärmung für Trockenanlagen, zum Entnebeln dunstiger Räumlichkeiten usw.

Trotz aller derartiger Bestrebungen und ihrer teilweisen Erfolge ist es heute eine feststehende, wohl allgemein anerkannte Tatsache, daß eine weitaus bessere, wirtschaftlichere Verwertung der Kohle an Stelle ihrer direkten Verbrennung unter den Dampfkesseln auf dem Rost durch Zerlegung derselben auf dem Wege der trockenen Destillation in Koks, Teer und gasförmigen Brennstoff gegeben ist. Der Koks findet für metallurgische Zwecke und zur Heizung Verwendung, aus dem Teer werden zuerst die für die chemische Industrie wertvollen Bestandteile ausgeschieden, und die Teeröle, unter Umständen auch der Teer selbst, finden ihre günstigste Anwendung zum Motorenbetrieb, besonders in den Dieselmotoren, in welchen sie drei- bis fünfmal besser ausgenutzt werden als die Kohlen in der Dampfmaschine, und die gasförmigen Brennstoffe dienen zum Betrieb von Gasmotoren. Nur in dieser Weise ist eine möglichst weitgehende Ausnutzung der in der Kohle schlummernden Energie möglich.

Die rationellste Ausnutzung der Steinkohlen besteht daher nach unseren derzeitigen Kenntnissen in ihrer Entgasung in großen Räumen unter Gewinnung sämtlicher Nebenprodukte, der sogenannten Destillationskokerei. Welche materielle Einbuße an Nationalvermögen aus der direkten Verbrennung der Steinkohle gegenüber dieser Verwertungsart erwächst, zeigt z. B. eine Berechnung von Simmersbach für das Deutsche Reich, welche diesen Verlust bei einem jährlichen Verbrauch von 50 Mill. Tonnen Steinkohle auf 147,5 Mill. ℳ beziffert. Und eine ähnliche Berechnung von Möllers-Cöln ergibt, daß bei den deutschen Gaswerken drei Viertel der Kohlenkosten durch die Einnahmen für die Nebenerzeugnisse bezahlt werden. Die Produktion derselben beträgt etwa

2,5 Milliarden Kubikmeter Gas, zu deren Herstellung etwa 7,5 Mill. Tonnen Kohle verbraucht werden; die dabei entstehenden Nebenprodukte haben einen Wert von rund 80 Mill. ℳ.

Die große Rentabilität der Destillationskokereien leuchtete erst dann ein, als westfälische und oberschlesische Firmen, wie z. B. Otto & Co. in Dalhausen a. d. Ruhr, den Kohlenzechen und Privaten sogenannte Kondensationsöfen (damals abgekürzt Teeröfen genannt) auf ihre eigenen Kosten bauten und sich lediglich die Verwertung der Teerprodukte auf die Dauer von 10 bis 15 Jahren vorbehielten, nach Ablauf welcher Zeit die Gesamtanlage (oft im Werte von 1 Mill. ℳ) in den Besitz der Grube übergeht. Der Wert der Nebenprodukte deckte eben die Kosten der Gesamtanlage mit einer angemessenen Verzinsung und Amortisation des darauf verwendeten Kapitals, wobei also der Koks sozusagen Nebenprodukt bleibt, wie bei der Leuchtgasfabrikation.

Unter anderem bezeichnet auch Pöpel die unmittelbare Verbrennung der Kohle im Ofen als eine unverantwortliche Verschwendung. Sussmann gibt hierzu folgendes Beispiel. Aus 1 Tonne Steinkohle gewinnt man an Nebenprodukten etwa:

770 kg	Koks	zu 19 ℳ, pro Tonne	=	14,63 ℳ	
50 „	Rohteer	„ 25 „ „ „	=	1,25 „	
10 „	Ammoniak	„ 260 „ „ „	=	2,60 „	(als Sulfat berechnet)
6 „	Benzol	„ 180 „ „ „	=	1,08 „	
		Zusammen		19,56 ℳ	

Nimmt man nun den Verkaufswert von 1 Tonne Steinkohle ohne Fracht mit rund 11 ℳ an, so ergibt sich eine Wertsteigerung von rund 8½ ℳ, wobei der Wert der überschüssigen Koksofengase und der aus dem Rohteer darstellbaren Erzeugnisse gar nicht berücksichtigt ist. Würde man also in Deutschland noch weitere 10 Proz. der gesamten jährlichen Steinkohlengewinnung verkoken, so würde sich eine jährliche Mehrgewinnung von etwa 120 Mill. ℳ ergeben.

Nach dem statistischen Jahrbuch für das Deutsche Reich 1911 gab es im Jahre 1908 in Deutschland 171 Kokereien mit 21 936 Koksöfen im Betrieb. Davon waren 14 422 mit Gewinnung von Nebenprodukten und 7514 ohne eine solche. Die 171 Kokereien verbrauchten zur Gewinnung von Koks 30 902 101 Tonnen Steinkohlen im Werte von 338,760 Mill. ℳ und gewannen an Koks 22 722 917 Tonnen im Werte von 388,187 Mill. ℳ, Teer 632 378 Tonnen im Werte

von 12,761 Mill. ℳ, Ammoniak 60816 Tonnen im Werte von 55,120 Mill. ℳ (Ammoniak, Ammoniaksalze und Ammoniakwasser bezogen auf Ammoniak), Benzole 59494 Tonnen im Werte von 8439 Mill. ℳ.

Der Wert der Nebenprodukte allein beträgt somit 76,32 Mill. ℳ, und er wäre noch größer, wenn nicht $^1/_3$ der Koksöfen noch ohne Gewinnung von Nebenprodukten wäre.

Was die einzelnen Produkte der Destillationskokereien anbelangt, so sei darüber folgendes angeführt:

Wie Simmersbach in seinem mehrfach erwähnten Buche ausführt, wurde Koks als Brennmaterial in England schon in den 30er Jahren zum Lokomotivenbetrieb verwendet, wo die Lokomotiven keinen Rauch entwickeln sollten. Auch in Deutschland fand diese Koksheizung überall Eingang und Verbreitung. In den 60er Jahren wurde sie jedoch immer mehr verdrängt, weil die Koksproduktion eben den wachsenden Bedürfnissen nicht mehr genügte, andererseits auch wegen der immer mehr steigenden Preise des Kokses, der als sehr begehrter Brennstoff auch für andere Zweige der Technik größere Verbreitung fand. In Amerika ist in der letzten Zeit ebenfalls die Koksheizung auf vielen Eisenbahnen eingeführt worden.

Simmersbach faßt die Vorteile der Heizung mit Koks zusammen wie folgt:

1. Rauchfreie Verbrennung;
2. geringere Heizstoffverluste, Brennstoffersparnis;
3. geringeres Angreifen der Eisenteile beim Dampfkesselbetrieb;
4. keinerlei Verschlackung auf dem Rost (?);
5. Wegfall der Selbstentzündung wie beim Lagern der Steinkohle;
6. Wegfall der Verwitterung und Verschlechterung beim Stapeln, wie dies bei der Steinkohle der Fall ist;
7. leichtere Bedienung, Wegfall von Störungen;
8. Funkenfreiheit (im Falle der Verwendung zu Lokomotivfeuerung);
9. größeres Verdampfungsvermögen;
10. gleichmäßige Verdampfung und resultierende Betriebssicherheit;
11. ökonomische und pekuniäre Ersparnisse;
12. volkswirtschaftliche Gesichtspunkte.

Wenn also nach Simmersbach schon zu Ende der 90er Jahre die Kokserzeugung so wirtschaftlich und rationell war, so ist dies wohl heute, wo mit der vermehrten Koksproduktion auch eine vermehrte Produktion an Steinkohlenteer, also damit einer größeren Menge an flüssigen, im Werte beträchtlich gestiegenen Brennstoffen verbunden ist, in noch höherem Grade der Fall.

Ein weiterer großer Vorteil der Destillationskokereien besteht ferner darin, daß zu dem Gewinn für die Nebenprodukte noch derjenige aus dem Überschuß der wertvollen Koksofengase kommt, d. h. aus dem Teil derselben, der nicht zum Heizen der Koksöfen selbst notwendig ist, und der bei den modernen verbesserten Ofenkonstruktionen bis zur Hälfte der Gesamtmenge ausmacht. Dieser Gewinn beträgt nach Lürmann pro Tonne Hochofenkoks 3,18 *M*, während der Gewinn aus den Nebenerzeugnissen 2,27 *M* beträgt. Aus dem Überschuß der Gase decken die Kokereien nicht nur ihren eigenen Bedarf an Kraft, sondern er wird auch zur Erzeugung von elektrischer Energie verwendet, welche auf große Entfernungen hin weiter geleitet werden kann. Bereits in vielen großen Kohlenbergbauen wurden derartige sogenannte Überlandzentralen errichtet und versorgen die umliegenden Städte und Ortschaften mit Licht- und Kraftstrom.

Aber auch direkt als Kraftgas findet dieses Überschußgas der Kokereien seine nutzbringende Verwertung, sowie in neuerer Zeit auch in ausgedehntem Maße als Leuchtgas. Zwar ist das Kokereigas ärmer an schweren Kohlenwasserstoffen als das eigentliche, in Retorten erzeugte Leuchtgas und daher auch weniger leucht- und heizkräftig als dieses. Wird jedoch der Betrieb so geleitet, daß man das in der ersten Hälfte des Destillationsprozesses übergehende Gas getrennt auffängt, so läßt sich dieses „Reichgas“ mit einem Heizwert von 5000 bis 6000 Kal. zufolge seiner günstigen Zusammensetzung ganz ebenso als Leuchtgas benutzen wie das beste Retortengas.

Für diese Zwecke gewinnen in letzterer Zeit die Gasfernleitungsanlagen immer mehr Bedeutung. Wie Schilling hervorhebt, sind solche in Amerika schon seit Jahren in großem Maßstabe in Betrieb, und auch in Deutschland bestehen bereits derartige Fernleitungen, welche für die Ausdehnung der Gasversorgung auf kleinere Gemeinden und auf das flache Land von großer Bedeutung sind. So ist z. B. insbesondere im Zentrum

der rheinisch-westfälischen Kohlenbezirke eine Gasfernversorgung entstanden, welche das Überschußgas der dortigen Destillationskokereien mittels Fernleitung an die nächstliegenden Städte liefert.

Diese werden dadurch, insofern sie bereits im Besitze eigener Gaswerke waren, vor die Frage gestellt, entweder dem Wachsen des Gasverbrauches entsprechend in ihren eigenen Werken immer größere Kapitalien anzulegen, oder aber diese ganz stillzusetzen und ihr Gas von den Zechen zu beziehen. Letztere bieten dasselbe einschließlich der Fernleitungskosten zum Preise von $3^1/_2$ ₰ pro Kubikmeter, was gegenüber dem durchschnittlichen Verkaufspreis der Städte von etwa 13 bis 15 ₰ überaus niedrig erscheint. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß der Stadt, wenn ihr auch das Gas zu diesem Preise in den Gasbehälter geliefert wird, noch wesentliche Unkosten verbleiben für Unterhaltung, Verzinsung und Amortisation des bestehenden Werkes, das meistens als Reserve beibehalten werden muß, für Unterhaltung, Verzinsung, Amortisation und Betrieb des ganzen Stadtrohrnetzes samt Zuleitungen, Straßenbeleuchtung und Gasmesser, das Abrechnungswesen mit den Konsumenten, und nicht zum wenigsten auch der an die Stadt abzuliefernde Gewinn, auf den diese nicht verzichten kann und will. Berücksichtigt man dies, so wird es sich in den meisten Fällen nur um geringe Unterschiede in den Kosten handeln, die für oder gegen den Bezug von Kokereigas sprechen.

Hierzu kommt noch, daß mit dem Aufgeben der städtischen Gaswerke auch deren Koks entfallen würde. Zwischen Zechenkoks und Gaskoks aber besteht eine Konkurrenz, die dafür sorgt, daß beide im Preise nicht zu hoch werden. Mit dem Stillegen der städtischen Gaswerke würden dagegen die Zechen ein vollkommenes Monopol über die Koksversorgung der Städte bekommen.

Trotzdem ist eine derartige Nutzbarmachung der großen Gasmengen, welche früher für die Heizung der eigenen Kokereiöfen verbraucht wurden, von volkswirtschaftlichem Standpunkte aus als großer Fortschritt in der rationellen Auswertung unserer Kohlenvorräte zu bezeichnen. Wenn auch durch die angestrebte Verdrängung der städtischen Gaswerke keine wirtschaftlich neuen Werte geschaffen, sondern im Gegenteil nur die verschiedenen städtischen Betriebe in privater Hand vereinigt werden und sogar die Gefahr der Monopolisierung des Kokshandels heraufbeschworen wird, so ist doch in Betracht zu ziehen, daß sich eine allgemeine

Verdrängung der bestehenden Gaswerke nicht so leicht und umfassend vollziehen wird und kann. Die großen, neu eingerichteten städtischen Gaswerke, welche die Konkurrenz mit dem Koksofengas bestehen können, werden bleiben, und die großen Gasüberschüsse der Kokereien werden sich ihren Absatz in Gebieten suchen müssen, die bisher noch kein Gas benutzt haben, sie werden der Verwendung des Gases in der Industrie und vielleicht auch in kleineren Gemeinden, die bisher noch kein Gas hatten, neue Absatzquellen erschließen und dadurch zur Verwirklichung des Ideals der Hygiene, nämlich der Beseitigung der festen Brennstoffe durch ein fern der Verwendungsstelle erzeugtes, rauch- und rußfrei und ohne schädliche Verbrennungsprodukte brennendes Gas ganz wesentlich beitragen. Das verhältnismäßig billige Kokereigas und die Konkurrenz von seiten eines großen privaten Unternehmens wird auch nicht verfehlen, zur möglichsten Verbilligung des städtischen Gaspreises beizutragen und auf diese Weise indirekt den Gasverbrauch zu fördern.

Die ersten Vorbilder zur Gasversorgung großer Städte mit Kokereigas, wie überhaupt die für die Gasfernleitung auf weite Strecken unter hohem Druck mustergültigen Anlagen findet man, wie erwähnt, in Amerika. Zu den ersten großen Gasfernleitungen gab das reiche Vorkommen von Naturgas in den Vereinigten Staaten Veranlassung. Da man die durch eine Rohrleitung abzugebende Gasmenge verdoppeln kann, wenn man den Druck vervierfacht, so lag der Gedanke nahe, das Gas durch Kompression in verhältnismäßig engen Rohrleitungen auf weite Entfernungen fortzuleiten. In größtem Maßstabe ist dies in den Naturgasfeldern des Staates Indiana ausgeführt worden, von denen aus die Stadt Chicago mittels einer Hochdruck-Doppelleitung von etwa 185 km Länge mit Heizgas versorgt wird. Die Länge dieser Leitung wird noch übertroffen von einem neueren Projekt, wonach die Stadt Baltimore mit 600000 Einwohnern von den Ölwerken in Westvirginia Naturgas aus einer Entfernung von 320 km beziehen will, das für Leucht- und Heizzwecke billiger sein soll als das dort hergestellte Gas.

Die erste Gasfernleitung in Amerika wurde im Jahre 1899 in Phönixville im Staate Pennsylvania gebaut, und schon im Jahre 1903 waren 30 große Anlagen in Betrieb. Es sind die Städte Boston, Chelsea, Everett und Baltimore mit Kokereigas

versorgt. In der Regel wird das Gas mit großen liegenden Randschen Horizontalkompressoren mit Dampfbetrieb komprimiert, ähnlich, wie sie auf Bergwerken zur Erzeugung von Druckluft verwendet werden. Dabei stehen Gasmesser aus Gußeisen in Gebrauch, welche einen Druck bis zu 2 Atm. auszuhalten vermögen. Die Leitungen werden aus Schmiedeeisenrohren unter sorgfältiger Vornahme gut dichtender Verbindungen hergestellt und bei hohem Druck geprüft.

Trotzdem nun das Gas an und für sich vorzüglich zur Fernleitung geeignet ist, wird man doch so weite Entfernungen wie bei den elektrischen Überlandzentralen selten ausführen, weil die Überbrückung großer Strecken beim Gas lange nicht so Bedürfnis ist wie bei der Elektrizität. Diese ist durch die Ausnutzung der Wasserkräfte an bestimmte Örtlichkeiten gebunden, während für eine Gasfernleitung jedes zweckmäßig eingerichtete größere Gaswerk dienen kann. Gegenüber einer sehr ausgedehnten Gasfernleitung mit hohen Kompressionsdrucken wird sich wohl in den meisten Fällen der Transport der Kohle billiger stellen, zumal damit auch der Koks, dessen Menge etwa 65 Proz. der vergasten Kohle beträgt, seiner Verwendungsstelle zugeführt ist.

Außerdem zeigt das amerikanische System der Fernleitung auch verschiedene Übelstände. Störungen an der Hochdruckleitung können Anlaß geben, daß die ganze Gasversorgung unterbrochen werden muß, bei dem hohen Druck ist ein Versagen der kleinen Verbrauchsregler leicht möglich, ein Eindringen des hohen Druckes in die Häuser kann das Platzen des Gasometers zur Folge haben und Ausströmungen von Gas sehr schwerwiegende Folgen nach sich ziehen.

In Europa findet sich eine große Zahl von Gasfernversorgungen welche nur die Aufgabe haben, von einem größeren Werk aus ein begrenztes Nachbargebiet zu versorgen. Den Vorteil der Aufspeicherung in Behältern macht man sich dabei in der Weise nutzbar, daß einzelne Behälterstationen unter höherem Druck gespeist werden und von da ab das Gas in Niederdruckleitungen verteilt wird. Ein besonderer wirtschaftlicher Vorteil hierbei ist der, daß man die Gaslieferung auf 24 Stunden gleichmäßig verteilen kann.

Eine der ersten derartigen Anlagen in Deutschland wurde im Jahre 1900 für die Stadt Metz ausgeführt, ihr folgte eine

weitere typische Anlage zur Versorgung der schweizerischen Stadt St. Gallen durch ein am Bodensee angelegtes Gaswerk mittels einer Speiseleitung von etwa 10 km Länge. An diese Leitung sind weitere Orte angeschlossen. Von besonderem Interesse ist ferner auch die im Jahre 1902 eröffnete Fernversorgungsanlage in St. Margareten im St. gallischen Rheintal deshalb, weil es sich hier nicht um die Versorgung einer großen Stadt, sondern um die Zusammenfassung mehrerer kleinerer Gemeinden handelt. Die Druckleitung hat eine Gesamtlänge von 30 km bei 100 und 125 mm Rohrdurchmesser, die angeschlossenen 17 Gemeinden mit zusammen fast 40 000 Einwohnern haben insgesamt über $1^1/_3$ Mill. m^3 Jahresverbrauch.

Die Schweizer Gaswerke wirkten für die Verwendung des Gases zum Kochen bahnbrechend. Hierbei kam ihnen außer dem Mangel an heimischen Kohlen die reiche Industrie ihres Landes zugute. Davos hat bekanntlich eine Gasfernversorgung durch ein im Tal liegendes Gaswerk, das nur Gas zum Kochen und Heizen liefert. Maßgebend war der hygienische Standpunkt der Verhütung von Rauch und Ruß durch feste Brennstoffe. Im Rheintal hat die dort ansässige Leinenspitzenindustrie zu einem raschen Emporblühen vieler kleiner Städte geführt und bildet eine der wesentlichsten Grundlagen für eine günstige Entwickelung des Kochgasabsatzes. Obwohl der Gaspreis (Einheitspreis) 25 Centimen beträgt, sind es gerade die Arbeiterfrauen, die der Zeitersparnis und Reinlichkeit wegen nur mit Gas kochen.

Eine weitere Fernleitungsanlage entstand in der Schweiz auf dem rechten Zürichseeufer. Die 18 km lange Leitung versorgt sieben längs des Seeufers ausgedehnte Orte mit zusammen rund 20 000 Einwohnern. In Deutschland hat unter anderem das Lübecker Seebad Travemünde eine Fernversorgung mit Gas von Lübeck aus, die sich wegen des geringen Verbrauches als das einzig rentable erwies. Die aus Mannesmannstahlrohren bestehende Preßgasleitung hat 80 mm lichte Weite und eine Gesamtlänge von 19,5 km. Der Anfangsdruck beträgt $^1/_3$ Atm., und ein kleiner vierpferdiger Motor genügt, um stündlich die erforderliche Gasmenge von 90 m^3 zu fördern.

Heute bestehen ähnliche solche Fernleitungen in Deutschland bereits in großer Zahl, sei es, daß von einem großen Gaswerke aus Vororte und Nachbargemeinden versorgt oder daß mehrere

Gemeinden, für die die Anlage einzelner Gaswerke unrentabel wäre, zu einer gemeinsamen Gruppenversorgung zusammengeschlossen werden. Im Jahre 1909 wurden in Deutschland von 105 Gaszentralen aus 344 Ortschaften auf diese Weise versorgt. Eine solche Gruppenversorgung wurde beispielsweise auch im Jahre 1910 für sieben an der Bergstraße gelegene Orte bei Bensheim erbaut, die bei insgesamt 13,4 km Rohrlänge über 18000 Einwohner mit Gas versorgt; der Gasverbrauch betrug im ersten Jahre 736000 m³. Das größte Gruppengaswerk wurde im oberschlesischen Industriegebiete von der Deutschen Kontinental-Gasgesellschaft in Dessau erbaut. Es umfaßt gegenwärtig 13 Gemeinden mit zusammen 180000 Einwohnern und hat einschließlich der Niederdruckleitungen eine gesamte Rohrnetzlänge von rund 100 km.

Derartige Gasfernleitungsanlagen geben vor allem den großen Gaswerken die Möglichkeit an die Hand, ihre Absatzgebiete von den Städten aus auf Vororte und sogar auf Landgemeinden auszudehnen. Das Gas dringt dadurch immer mehr in diese vor, und es ist sicher anzunehmen, daß auch weiterhin in diesen Kreisen ein immer größerer Bedarf danach für Küche und Beleuchtung, für Industrie und Gewerbe auftreten wird.

Auf dem Gebiete der Gaskraftmaschinen scheint unter anderem auch die Maschine von Humphrey einen Fortschritt zu bedeuten. Sie beruht im Prinzip darauf, daß die Kraft der infolge ihrer Entzündung expandierenden Gase unmittelbar zum Heben von Wasser ausgenutzt und so die verlustreiche Umsetzung der Kolbenbewegungen und Kurbelgetriebe vermieden werden.

Nach von Unwin an einer mit Mondgas betriebenen Anlage vorgenommenen Versuchen stellt sich hierbei der Wärmebedarf pro 1 PS Nutzleistung in Form von gehobenem Wasser nicht höher als bei einer guten Gasmaschine, alle Verluste also, welche bei Anwendung einer Pumpe zum Heben des Wassers eintreten würden, kommen in Fortfall.

Im vorstehenden wurden die angeführten Vorteile der Destillationskokerei deshalb näher erörtert, um zu zeigen, daß dieselbe im allgemeinen, wie angeführt, die wirtschaftlich beste Ausnutzung der Steinkohlen darstellt. Würde sie eine noch allgemeinere Verbreitung finden, als dies bisher der Fall ist, so würde gleichzeitig auch die Menge eines flüssigen Brennstoffes, des Stein-

kohlenteers, der nunmehr besprochen werden soll, bedeutend zunehmen und dieser dadurch verbilligt werden.

Der durch die trockene Destillation der Steinkohlen in den Kokereien und Gasanstalten als Nebenprodukt erhaltene Steinkohlenteer besteht, wie schon erwähnt, aus einem Gemisch der verschiedensten flüssigen Kohlenwasserstoffe, insbesondere der Benzolreihe, in denen sogenannter freier Kohlenstoff suspendiert ist[1]). Auch die direkte Verfeuerung des Teeres ist von volkswirtschaftlichem Standpunkte aus als unwirtschaftlich zu bezeichnen. Zur Verfeuerung sollen nur die daraus nach Gewinnung der übrigen wertvolleren Produkte erhaltenen Teeröle gelangen. Man zerlegt den Steinkohlenteer, nachdem er vorher in einer besonderen Blase entwässert wurde, durch fraktionierte Destillation in:

	Spez. Gew.	Siedepunkt °C
1. Leichtöl	0,910—0,950	bis 170
2. Mittelöl	1,01	„ 230
3. Schweröl	1,04	„ 270
4. Anthracenöl	1,1	„ 320
5. Pech	als Rückstand	

Im allgemeinen versteht man unter Teeröl ein Gemisch von Mittel-, Schwer- und Anthracenölen[2]). Was seine Verwendung als Heizöl betrifft, so wird dieselbe allerdings, wie dies Sussmann betont, durch einige Eigenschaften erschwert, so durch seinen scharfen Geruch, durch seinen zersetzenden Einfluß auf Dichtungs- und Packungsmaterial aller Art und durch sein Durchdringungsvermögen für alle nicht vollkommen undurchlässigen Verbindungen. Vor Verwendung wird aus den Teerölen der größte Teil des darin enthaltenen Naphthalins, Anthracens usw. durch Auskristallisation abgeschieden. Da aber trotzdem unter dem Einfluß der Winter-

[1]) Nach Untersuchungen von Donath und Asriel (Chem. Rev. **10**, 54) zeigte dieser sogenannte Kohlenstoff folgende Zusammensetzung: 89,2 Proz. C, 2,3 Proz. H, 0,70 Proz. N, 0,67 Proz. Asche, 7,13 Proz. O. Es ergibt sich daraus, daß der dem Steinkohlenpech zumeist die schwarze Farbe verleihende Bestandteil relativ am sauerstoffreichsten ist.

[2]) Der Begriff von Teeröl im Sinne seiner Verwendung als Heizöl wird verschiedenartig aufgefaßt.

kälte noch weitere Ausscheidungen dieser Körper stattfinden, müssen diese vor Verbrauch durch Erwärmen und Umrühren wieder in Lösung gebracht werden.

Vorteilhaft für den genannten Zweck ist dagegen ihr bei normaler Temperatur dünnflüssiger Zustand, ihr geringer Gehalt an Asche (0,02 Proz.) und Schwefel, das hohe spezifische Gewicht (1,0 bis 1,1, im Mittel 1,04 bis 1,06) und der hohe Siede- und Entflammungspunkt. Ersterer schwankt zwischen 180 bis 360°, letzterer liegt über 80°, und trotzdem entzündet sich das Öl in fein verstäubtem Zustande und bei richtiger Feuerungsanordnung sofort ohne die geringste Schwierigkeit. Dabei beträgt der Heizwert 9000 bis 9500 Kal., steht also hinter dem der Erdölrückstände nicht viel zurück.

Über die Verwendung der Steinkohlenteeröle als Treibmittel für Dieselmotoren siehe unten.

Was die Braunkohlen anbelangt, deren Produktion, wie erwähnt, rund 10 Proz. der Steinkohlenproduktion beträgt, und von welchen Deutschland und auch Österreich sehr bedeutende Lager besitzt, so geben auch diese bei der trockenen Destillation Teer, der eventuell auf Paraffin verarbeitet wird und als Abfallprodukt die Braunkohlenteeröle, eventuell Paraffinöle liefert. Allerdings sind hierzu nicht alle Braunkohlensorten geeignet, indem bei vielen von ihnen — abgesehen von der Minderwertigkeit der Rückstände — auch die Destillationsprodukte keinen solchen Wert wie die der Steinkohlen haben. Immerhin aber wird von diesen Ölen so viel erzeugt, daß sie einen großen Teil des Bedarfes an flüssigen Brennstoffen für den Motorenbetrieb zu decken imstande sind. Das hauptsächlichste Rohmaterial für die Gewinnung dieser Teeröle sind die sogenannten Schwelkohlen, die an manchen Orten zusammen mit den eigentlichen Braunkohlen vorkommen, sich aber von diesen durch eine hellere Färbung und durch einen höheren Gehalt an wachsartigem Bitumen (5 bis 15 Proz.) unterscheiden. Letzteres, für sich allein Pyropissit genannt, entstammt wahrscheinlich pflanzlichen Harzen von Nadelhölzern bzw. Fetten von Sporen und Samen.

Bei der trockenen Destillation dieser Schwelkohlen in den sogenannten Schwelzylindern erhält man als Rückstand den Braunkohlenkoks (Grudekoks, Kaumazit), als Hauptprodukt den Schwelteer (4 bis 8 Proz.), und ferner die Schwelgase, die zum Beheizen

der Schwelzylinder und im Überschuß zum Betrieb von Gasmotoren dienen.

Der Braunkohlenkoks findet unter Benutzung geeigneter Heizvorrichtungen, in den sogenannten Grudeöfen, Verwendung als Heizmaterial und dient ferner insbesondere auch zur Erzeugung von Generatorgas, auch in Sauggasmotoren. Sein Heizwert beträgt 6000 bis 6600 Kal. Der Koksgrus wird mit dem bei der späteren Destillation des Braunkohlenteers erhaltenen Pech brikettiert.

Der Hauptwert des Schwelteeres liegt in seinem Gehalt an Paraffin, das aus ihm in großen Mengen gewonnen wird. Er wird durch wiederholte Umdestillation aus gußeisernen Blasen in paraffinreiche und paraffinarme Öle getrennt, und als Endprodukt erhält man schließlich einerseits aus den hochsiedenden Fraktionen Paraffin von genügend hohem Schmelzpunkt, so daß es zur Kerzenfabrikation geeignet ist, und weiters möglichst paraffinfreie Öle von verschiedenem Flüssigkeitsgrad, und zwar:

	Spez. Gew.
1. Braunkohlenbenzin	0,800—0,820
2. Solaröl	0,820—0,835
3. Helles Braunkohlenteeröl	0,845—0,870
4. Gasöle	0,875—0,900
5. Die schweren Paraffinöle.	

Hiervon kommen als Brennstoffe für Großmotoren in Betracht die Fraktionen 3 und 4, sowie — nach Abpressen des Paraffins — die Fraktion 5. Das rückständige Braunkohlenteerpech findet, wie vorher gesagt, seine Hauptverwendung als Brikettierungsmittel für das Koksklein. Das Ammoniakwasser enthält 0,3 bis 0,4 Proz. Ammoniak.

Unter den gegenwärtigen Umständen, nachdem, wie erwähnt, die leichteren Fraktionen des Braunkohlenteers mit Erfolg als Motorentreibmittel verwendet werden, hat die Braunkohlenteerdestillation zweifellos an Rentabilität zugenommen. Selbstverständlich eignen sich für die Destillation nicht die jüngeren, lignitischen, stets sauerstoffreicheren Braunkohlen, sondern die älteren, sauerstoffärmeren mit einer sich mehr den Steinkohlen nähernden Elementarzusammensetzung.

Im Deutschen Reiche ist die Teerschwelerei nur auf bestimmte Gegenden, besonders Sachsen-Thüringen und gewisse andere Gegenden Mitteldeutschlands, beschränkt. Die österreichischen

Braunkohlen sind für diese Zwecke nicht so vorteilhaft zusammengesetzt; allein daß auch von diesen sich manche mit Erfolg zur Destillation eignen, geht unter anderem aus einer Arbeit von Hodurek[1]) hervor, in welcher dieser die Destillation der böhmischen Braunkohle ausführlich beschreibt. Die Destillationsprodukte werden abgesaugt und kondensiert, und nach der Abscheidung des Teeres werden die Gase durch Waschen mittels einer geeigneten Teerölfraktion vom Benzol und mittels Wasser vom Ammoniak befreit. Das derart seiner wertvollen Bestandteile beraubte Gas dient zum Heizen der Öfen; ein recht beträchtlicher Überschuß wird nach weiterer gründlicher Reinigung in Gasmotoren verwertet. Außer vielen böhmischen Braunkohlen dürften sich für diesen Zweck beispielsweise auch die vorzüglichen Kohlen von Fohnsdorf und Leoben sehr gut eignen.

Die Produktion an Braunkohlenteeröl betrug nach Scheithauer im Jahre 1909 etwa 36 000 Tonnen, von welchen etwa 6000 Tonnen als Treiböle für Dieselmotoren verwendet wurden, während die größere Menge zur Herstellung von Ölgas und zur Karburierung von Wassergas diente. Die jetzige Produktion an Braukohlenteeröl beträgt etwa 45 000 Tonnen, womit 75 000 PS geleistet werden können. Da nun derzeit etwa 600 000 PS von Dieselmaschinen geleistet werden, kann das Braunkohlenteeröl über 12 Proz. der Gesamtleistung besorgen.

Hierzu kommen auch noch andere, in geringerer, aber doch für Krafterzeugung sehr nennenswerter Menge hergestellte Produkte, wie z. B. die aus den bituminösen Schiefern gewonnenen Schieferöle, von denen einzelne Länder, wie Frankreich und Schottland, beträchtliche Mengen erzeugen, und die in vielen Motorbetrieben verwendet werden. Auch Benzin und Benzol, die hauptsächlich von der Automobilindustrie verbraucht werden, sind im allgemeinen zu den Motorölen zu rechnen, wenn sie auch wegen ihrer begrenzten Menge und ihres hohen Preises nur als Übergangsstoffe bezeichnet werden können, welche durch die billigeren Teeröle verdrängt werden, sobald die Motoren dafür eingerichtet sein werden.

Speziell in dem erdölarmen Deutschland reichen die Erdölderivate zur Deckung des Bedarfes an Motorölen bei weitem nicht

[1]) Chem.-Ztg. 1904, S. 273.

aus, es sind daher die Teeröle dazu berufen, die durch Fracht und Zoll verteuerten ausländischen Öle zu verdrängen, da nach den statistischen Angaben von Prof. Nägel der gesamte motorische Betrieb mit der eigenen Erzeugung an Teer und Teerölen befriedigt werden kann. Dadurch wird das Land in bezug auf seine Versorgung mit flüssigen Brennstoffen in Kriegs- und Friedenszeiten vollkommen unabhängig. Dasselbe ist auch der Fall in bezug auf die Preisbildung. Es ist kaum zu befürchten, daß durch eine vermehrte Nachfrage nach Teeröl dessen Preis eine wesentliche Erhöhung erfahren wird. Denn das in Galizien, Rußland und Rumänien in sehr großen Mengen produzierte Gasöl dürfte den Teerpreisen stets eine gewisse obere Grenze setzen, und es ist kaum anzunehmen, daß in absehbarer Zeit eine allgemeine Interessengemeinschaft, die sämtliche Treiböle umfaßt, sich bilden könnte. Dazu sind die einzelnen Gruppen doch zu verschieden und ihre wirtschaftliche Existenz an einen gewissen Gegensatz gebunden.

Tatsächlich hat auch, wie im vorstehenden erwähnt, das Bestreben der Maschinenfabriken, die teueren ausländischen Erdöle durch billiges einheimisches Steinkohlenteeröl zu ersetzen, nach Überwindung vieler Schwierigkeiten den Erfolg gezeitigt, daß dieses jetzt als den erstgenannten Stoffen gleichwertig anzusehen ist. Durch neue Konstruktionen einerseits und durch eine besonders gute Beschaffenheit des Öles andererseits sind die Fortschritte sowohl bei den Gleichdruck- als auch bei den Zündölmotoren heute soweit gediehen, daß ein Treiben derselben mit Teeröl in einwandfreier Weise ermöglicht ist, und daß in der Praxis speziell auch bereits reine Teeröl-Dieselmotoren in Betrieb stehen. Es zeigte sich dabei, daß in gewissen Fällen von allen Treibmitteln das Steinkohlenteeröl die geringsten Betriebskosten ergibt. Der Absatz an Teerölen für Dieselmotoren betrug in Deutschland 1911 etwa 16000 Tonnen, während er im Vorjahre nur auf 4000 Tonnen geschätzt wurde. Die Gasmotorenfabrik Deutz baut etwa 60 Proz. der größeren Dieselmotoranlagen für Steinkohlenteerölbetrieb.

In Deutschland betrug die Produktion an Steinkohlenteeröl im Jahre 1906 etwa 120000 Tonnen, 1909 etwa 300000 Tonnen und 1911 schon ungefähr 450000 Tonnen. Nach Rath[1]) standen

[1]) Siehe auch Glückauf 1912, S. 996.

davon 120000 Tonnen für den Dieselmotorenbetrieb zur Verfügung, während der Gesamtverbrauch an Treibölen, einschließlich Gasöl und Paraffinöl, für Deutschland nur 75000 Tonnen betrug. Und dabei ist zufolge der zahlreichen Neuanlagen an Hoch- und Koksöfen die Kokserzeugung unter Gewinnung der Nebenprodukte immer noch in ziemlich stetem Steigen begriffen, denn damals war nur etwa die Hälfte aller Koksöfen dafür eingerichtet. Es werden aber im Kokereibetriebe durchschnittlich pro Tonne Kohle 50 bis 55 kg Teer gewonnen, die 15 bis 20 kg Teeröl geben. Die Erzeugungsmenge betrug daher nach Schömburg[1]) 1913 etwa 550000 Tonnen, und für 1915 kann man sie nach Mollers auf rund 900000 Tonnen schätzen, während der Maximalbedarf an Teeröl als Motortreiböl nur zu 180000 Tonnen anzunehmen ist. Die Versorgung Deutschlands mit Teeröl ist daher für die nächsten Jahre als gesichert anzusehen, um so mehr, als der Export nicht sehr bedeutend ist, sondern die weitaus größere Menge im Lande verbleibt.

Die Teeröle eignen sich zur Beheizung von Kesseln aller Art. In Deutschland wird bereits ein Teil der Dampfkessel der Kaiserlichen Marine damit gefeuert, und auch Versuche der Preußischen Eisenbahnverwaltung mit Teerölheizung bei Lokomotiven ergaben sehr günstige Resultate.

Für die Beheizung von Dampfkesseln wird das Öl zweckmäßig unter einem Druck von etwa 0,5 Atm. zugeführt und durch Dampf zerstäubt; der Dampfverbrauch hierfür stellt sich auf höchstens 1 Proz. der gesamten erzeugten Dampfmenge. Bei guter Brennerkonstruktion werden durch 1 kg Öl 11 bis 13 kg Dampf erzeugt, bei normalen Kohlenfeuerungen in der Regel nur 6,5 bis 7 kg; der Wirkungsgrad einer guten Teerölfeuerung stellt sich daher auf 82 bis 90 Proz. gegenüber 72 bis 75 Proz. für normale Steinkohlenrostfeuerungen.

Für die Beheizung von Lokomotiven ist die Ölfeuerung von Vorteil, insbesondere für große Steigungsverhältnisse, bei denen also eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit erforderlich ist, ferner in langen Tunnels und innerhalb bewohnter Gebiete, sowie während sehr trockener Sommer, wo die Rauchlosigkeit und der Wegfall von Funkenausblas von Wichtigkeit ist.

---

[1]) Sammlung Berg- und Hüttenmännischer Abhandlungen, Heft 122.

Ein weiterer Vorteil des Steinkohlenteeröles in physikalisch-chemischer Beziehung liegt unter anderem auch in der Möglichkeit, damit ein bestimmtes Temperaturintervall auf längere Zeit hinaus festzuhalten, sowie leicht je nach Bedarf oxydierende oder reduzierende Flammen zu erzeugen. Es werden daher auch bereits die verschiedensten metallurgischen und die in der chemischen Industrie meist speziellen Zwecken dienenden Öfen in einfacher und wirtschaftlicher Weise mit Teeröl beheizt, so Wärm-, Glüh- und Metallschmelzöfen der verschiedensten Industrien, Tiegel- und Härteöfen, die Öfen der Glasfabrikation usw. Die Möglichkeit einer bequemen Einstellbarkeit der jeweils gewünschten Temperaturen ist namentlich für Härte- und Glühöfen von Wert. Nach oben zu lassen sich Temperaturen bis etwa 2000° sicher erreichen und halten. Nicht selten werden auch bei Teerölfeuerungen höhere Leistungen pro Quadratmeter Herdfläche gegenüber Kohlenfeuerungen erzielt. Der Einbau von Ölfeuerungen in bereits vorhandene Öfen ist meist ohne besondere Schwierigkeit möglich.

So stehen z. B. auch in Amerika schon seit längerer Zeit Metallschmelzöfen mit Ölheizung mit gutem Erfolge in Verwendung, wie der Hawleysche Ofen, der auch schon in Deutschland eingeführt ist. Die Beheizung desselben erfolgt mit den gebräuchlichen schweren Heizölen, mit Naphtha, Petroleumrückständen, Masut, Teerölen usw. Im Mittel kann man annehmen, daß bei Ölen, deren Heizwert etwa 10000 WE pro 100 kg beträgt, für das Schmelzen von Kupfer, Messing, Bronze usw. pro 100 kg Schmelzgut 9 bis 17 kg Öl, für Eisen und Stahl etwa 17 bis 25 kg erforderlich sind. An Preßluft werden dabei für 100 kg Schmelzgut etwa 2,5 m^3 verbraucht.

Die Kosten stellen sich, obwohl die Heizöle in Deutschland nicht unerheblich teurer sind als in den Vereinigten Staaten, dennoch in vielen Fällen sogar etwas niedriger als beim Schmelzen in Tiegelöfen, ganz abgesehen von den Ersparnissen an dem teueren Tiegelmaterial und an Arbeitskräften.

Was die Verwendung von Steinkohlenteeröl zum Motorenbetrieb anbelangt, so gelang es vorerst nicht, dieses allein in der Dieselmaschine vollständig zu verbrennen, weshalb früher Mischungen von Braun- und Steinkohlenteerölen angewendet wurden. Die Ursachen hierfür wurden insbesondere durch aus-

führliche Versuche von Rieppel[1]) aufgeklärt, die unter anderem folgendes ergaben:

„Der Paraffingehalt eines Öles ist in keiner Form schädlich für dessen Verwendung im Dieselmotor, weder bei Braunkohlenteerölen noch bei Erdölen. Im allgemeinen werden Braunkohlenteeröle nur mit ganz geringem Paraffingehalt in der Maschine Verwendung finden, da das Paraffin der wertvollste Bestandteil des Öles ist und höherprozentige Öle noch eine weitere Destillation wirtschaftlich machen. Praktisch wird also die Grenze des Paraffingehaltes 2 bis $2^1/_2$ Proz. nicht übersteigen. Jedenfalls aber ergibt sich aus jahrelanger praktischer Erfahrung, daß Braunkohlenteeröl mit höherem natürlichen Paraffingehalt für den Dieselmotor nicht gut verwendbar ist, doch wirkt in diesem Falle nicht das Paraffin selbst schädlich, sondern es stellt der Paraffingehalt nur einen Maßstab für die gleichzeitige Beimengung anderer schädlicher Bestandteile dar.

Rohe Steinkohlenteeröle, die zu billigen Preisen auf dem Markte sind, also ungereinigtes Anthracenöl und Kreosotöl, sind für den Dieselmotor in seiner normalen Ausführungsform nicht verwendbar. Mischungen mit brauchbaren Ölen, d. h. mit Braunkohlenteerölen oder Mineralölen, wie Solaröl und Gasöl, sind nur bis zu einem geringen Prozentsatz zulässig, wenn der Betrieb bei wechselnder Belastung störungs- und rußfrei aufrecht erhalten werden soll. In diesem Falle ist ein Zusatz von 25 Proz. Steinkohlenteeröl die äußerste Grenze. Arbeitet aber die Maschine nur mit normaler und höchster Belastung und darf eine stärkere Verschmutzung mit in Kauf genommen werden, so ist ein Zusatz bis zu 40 Proz. zulässig. Empfehlenswert ist dieser Zusatz jedoch in keinem Fall, da bei längerer Betriebszeit zweifellos unzulässig starke Verschmutzung auftreten wird.

Die Unbrauchbarkeit der Steinkohlenteeröle ist dadurch bedingt, daß sie ungleichmäßig und unvollständig verbrennen. Ersteres verursacht Stöße, letzteres Rußbildung."

Bei der Untersuchung der Gründe für dieses verschiedene Verhalten der Teeröle gelangte Rieppel schließlich zur Aufstellung folgender Sätze:

1. Braunkohlenteeröle sind im Dieselmotor verwendbar; Steinkohlenteeröle sind nicht ohne weiteres verwendbar.

---

[1]) Dissertation, Berlin 1907.

2. Für die Beurteilung der Brauchbarkeit eines Öles sind die Werte: spezifisches Gewicht, Viskosität, Flammpunkt, Brennpunkt und Heizwert belanglos.

3. Von grundlegender Bedeutung ist dagegen der Wasserstoffgehalt der Elementaranalyse, woraus sich ein Schluß auf das Vorhandensein gewisser Mengen von Fettkohlenwasserstoffen bzw. aromatischen Kohlenwasserstoffen vermuten läßt.

4. Die Selbstentzündung und Verbrennung erfolgen um so sicherer, je geeigneter das Öl zur Ölgasbildung ist, d. h. je größer die Ausbeute an Ölgas bei verhältnismäßig niedrigem Druck und geringerer Temperatur ist. Steinkohlenteeröle bedürfen zur Ölgasbildung einer größeren Wärmezufuhr oder längerer Zeit als Braunkohlenteeröle.

5. Es ist anzunehmen, daß bei allen Flüssigkeitsmotoren überhaupt nur zwei Arbeitsweisen zu unterscheiden sind:

a) Die des Gleichdruckmotors (Diesel, Haselwander u. a.), gekennzeichnet dadurch, daß das Öl im Augenblick des Todpunktes eingespritzt, und daß ohne künstliche Zündung sofort durch Ölgasbildung die Verbrennung eingeleitet wird.

b) Die der Explosionsmotoren, bei welcher, ohne daß eine Ölgasbildung nötig ist, ein Gemisch von Öldampf und Luft künstlich zur Entzündung gebracht wird.

Wie also durch diese Versuche festgestellt erscheint, ist daher die Güte eines Treiböles wesentlich bedingt durch seine Fähigkeit, Ölgas zu erzeugen. Die Ölgasbildung nun beruht auf dem Zerfall der Kohlenwasserstoffe in Wasserstoff und niedrigere Glieder dieser Körperklasse. Besonders zur Ölgasbildung eignet sich Petroleum, Mittelöl (Gasöl) und Braunkohlenteeröl. Bei diesen Ölen findet nach der Vergasung bei abnehmendem Druck und sinkender Temperatur infolge weitgehender Zersetzung der Öldämpfe zu Ölgas keine oder eine nur geringe Rückbildung von Öldampf bzw. Öltropfen statt.

Diese Unterschiede der verschiedenen Treiböle in bezug auf ihr Verhalten bei der Verbrennung im Dieselmotor beruhen, wie dies unter anderem auch Schmitz[1]) hervorhebt, in der Verschiedenartigkeit ihrer chemischen Konstitution, bzw. in der Art, wie ihre einzelnen Moleküle miteinander verbunden sind. Nach

[1]) Ölmotor, Bd. I, S. 467.

diesem Gesichtspunkt lassen sich alle flüssigen Brennstoffe in zwei Klassen einteilen, und zwar:

1. In Kohlenwasserstoffe mit offener, kettenförmiger Bindung, Kohlenwasserstoffe der Fett- oder Paraffinreihe, und

2. in Kohlenwasserstoffe mit ringförmiger Bindung, Kohlenwasserstoffe der Benzolreihe.

Die Kohlenwasserstoffe der ersten Klasse sind infolge ihrer losen, leicht zu sprengenden Bindung der Verbrennung im Dieselmotor leichter zugänglich als diejenigen der zweiten Klasse, deren ringförmige, allseitig geschlossene Zusammenlagerung der Aufspaltung durch die Hitze größeren Widerstand entgegensetzt.

Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Klassen liegt in ihrem verschiedenen Wasserstoffgehalt, der bei den Kohlenwasserstoffen der Paraffinreihe mit 12 bis 14 Proz. beinahe das Doppelte des Wasserstoffgehaltes der Glieder der Benzolreihe beträgt. Der Wasserstoff ist als das leichtest brennbare Element bekannt und überträgt diese Eigenschaft auch auf seine Verbindungen, die um so leichter entzündbar sind, je mehr sie von diesem Element enthalten.

Zur ersten Gruppe gehören die von der Erdölindustrie erzeugten Treiböle, sowie die Braunkohlenteeröle, zur zweiten Klasse die Steinkohlenteeröle.

Im Steinkohlenteer spielen, wie schon erwähnt, im Gegensatz zu ersteren die Paraffinkohlenwasserstoffe eine nur untergeordnete Rolle, es sind vielmehr die Benzolkohlenwasserstoffe für ihn charakteristisch. Während nun die Kohlenwasserstoffe der Fettreihe bei höheren Temperaturen in Wasserstoff, Methan und andere niedrige Glieder dieser Reihe zerfallen, die sich dadurch auszeichnen, daß sie sich sehr leicht entzünden bzw. die Selbstentzündung begünstigen, ist es noch nicht gelungen, aus den aromatischen Kohlenwasserstoffen mit ihren schwer zersprengbaren Benzolringen ein gut verwendbares Ölgas zu erzeugen. Das Benzol stellt einen der beständigsten organischen Körper dar, der unter den obengenannten Bedingungen überhaupt nicht in Ölgas übergeht, sondern nur verdampft; es ist daher ohne künstliche Zündung oder Mischung mit anderen geeigneten Ölen oder Spiritus nicht ohne weiteres verwendbar.

Bezüglich der Mischungen von Braun- und Steinkohlenteeröl stellte Rieppel fest, daß bei einem Zusatz von 25 Proz. Anthracenöl keine wesentliche Störung im Gang der Maschine wahrgenommen

wird. Im übrigen aber ist durch seine Versuchsergebnisse (Satz 4 und 5) der Weg vorgeschrieben, der eingeschlagen werden muß, um auch Anthracen- und Kreosotöl im Dieselmotor stoß- und rückstandsfrei zu verwenden. Es ist demnach eine kräftige, wenn auch nur örtliche Erwärmung des Kompressionsraumes nötig, oder aber auch eine Annäherung an die Arbeitsweise der Explosionsmotoren. Tatsächlich konnte man einen Motor, der nach diesen Grundsätzen umgeändert war, bei wechselnder Belastung wochenlang mit Kreosotöl arbeiten lassen, ohne daß sich dabei an der Maschine selbst irgendwelche Mißstände zeigten. Auch das Benzol, das sich aus den genannten Gründen für den gewöhnlichen Dieselmotor als widerspenstiger Brennstoff ergab, verbrannte in der umgeänderten Maschine ohne jede Schwierigkeit, und es ließ sich damit sogar der Leerlauf des Motors aufrecht erhalten. Tatsächlich ist es dann auch gelungen, Steinkohlenteeröl unter Zuhilfenahme einer nur sehr geringen Menge, etwa 2 Proz., eines Hilfsbrennstoffes (Gasöl oder Paraffinöl), der die Verbrennung einleitet und durch eine besondere Pumpe dem Motor zugeführt wird, vollständig zu verbrennen. Und in der neuesten Zeit ist man weiter dahin gelangt, daß man das Steinkohlenteeröl auch ohne Hilfsbrennstoff in der Dieselmaschine verbrennen kann.

Nach Rath und Rosenbeck darf dabei der Wassergehalt des Öles nicht höher als 1 Proz., der Glührückstand nicht höher als 0,2 Proz. sein, und bei der Verkokung dürfen höchstens 3 Proz. zurückbleiben. Ferner soll das Öl bei Zimmerwärme flüssig sein, einen Flammpunkt von mindestens 65° und einen Heizwert von 8800 WE besitzen.

Auch Teer selbst wird, wie gesagt, bereits zum Betriebe von Dieselmotoren verwendet. Loebell[1]) beziffert die Betriebskosten bei einer 100-PS-Maschine während 3000 Betriebsstunden auf 4700 ℳ beim Paraffinöl, 2607 ℳ beim Teeröl und 2133 ℳ beim Teer; der Teerbetrieb ist somit der billigste. Am besten geeignet zu dieser Verwendung ist der Vertikalofenteer. Dieser verdankt seine dünnflüssige und gleichmäßige Beschaffenheit dem Umstand, daß die Destillation bei mäßigeren Temperaturen erfolgt, bei denen sich vornehmlich kettenförmige Kohlenwasserstoffe bilden. Außerdem findet bei den anderen Ofensystemen an den heißen Retorten-

---

[1]) Ölmotor 1912, S. 31.

wänden eine erhebliche Zersetzung der Teerdämpfe statt, die eine beträchtliche Abscheidung von Kohlenstoff zur Folge hat. Da sich dieser Kohlenstoffgehalt des Teeres überhaupt nach längerem Betriebe als störend erwies, geht man auch in der Weise vor, daß man ihn einer einmaligen Destillation unterzieht, die Produkte derselben aber nicht in Fraktionen auffängt, sondern das gesamte Destillat als Brennstoff verwendet.

Wie Constam und Schläpfer[1]) ausführen, geben, obwohl Rieppel mit Grund betonte, daß die physikalisch-chemischen Eigenschaften (mit Ausnahme des Gehaltes an Wasserstoff) der Öle nicht ausschlaggebend für die Brauchbarkeit als Treiböle seien, sie doch einen wichtigen Anhaltspunkt für die Bewertung dieser Öle; beispielsweise der Heizwert für die Leistung, der Flamm- und Brennpunkt in feuerpolizeilicher Hinsicht, das spezifische Gewicht zur Unterscheidung von Rohölen und Destillaten usw.

Auf Grund zahlreicher Untersuchungen der verschiedensten Treiböle gelangen die Verfasser für die Kraftöle für Dieselmotoren zu folgender Einteilung:

1. Allgemein anwendbare Normalöle, d. h. solche, die bei allen Maschinen und jeder Belastung betriebssicher sind.

a) Entbenzinierte Erdöle (Gasöle) oder Erdöldestillate:
Wasserstoffgehalt über 10 Proz.,
Heizwert über 10000 WE,
keine mechanischen Verunreinigungen.

b) Braunkohlenteeröle:
Wasserstoffgehalt über 10 Proz.,
Heizwert über 9700 WE,
keine mechanischen Verunreinigungen.

2. Brauchbare Öle, für deren Verwendung besondere Vorrichtungen angebracht werden müssen.

a) Steinkohlenteeröle:
Wassergehalt nicht über 1 Proz.,
Aschengehalt nicht über 0,05 Proz.,
Gehalt an mechanischen Verunreinigungen (freier Kohlenstoff) nicht über 0,3 Proz.,
Verkokungsrückstand nicht über 3 Proz.,
Heizwert nicht unter 8800 WE.

---

[1]) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1913, S. 1489. Siehe hierzu auch S. 30.

b) Vertikalofen- und Kammerofen-, Wassergas- und Ölgasteere, gewisse Koksofenteere:
Wassergehalt nicht über 3 Proz.,
Aschengehalt nicht über 0,05 Proz.,
Gehalt an freiem Kohlenstoff nicht über 3 Proz.,
Heizwert nicht unter 8600 WE.

c) Gewisse Roherdöle:
Müssen von Fall zu Fall festgesetzt werden.

3. Unbrauchbare Öle: Horizontal- und Schrägretortenteere.

Damit soll nicht gesagt sein, daß diese letzteren nicht auch unter besonderen Umständen im Dieselmotor verbrannt werden können; aber im großen und ganzen dürfte die obige Einteilung dem gegenwärtigen Stande der Dieselmotorentechnik entsprechen.

Die Deutsche Teerproduktenvereinigung hat im Einvernehmen mit den in Betracht kommenden Maschinenfabriken folgende Liefervorschriften aufgestellt:

1. Die Teeröle dürfen nicht mehr als 0,2 Proz. feste, in Xylol unlösliche Bestandteile enthalten; der Gehalt an unverbrennlichen Bestandteilen soll 0,05 Proz. nicht übersteigen.

2. Der Wassergehalt darf nicht mehr als 1 Proz. betragen.

3. Der Verkokungsrückstand darf sich höchstens auf 3 Proz. belaufen.

4. Bei der Siedeanalyse müssen bis 300° mindestens 60 Volumprozent des Öles überdestillieren.

5. Der untere Heizwert soll nicht weniger als 8800 WE betragen.

6. Der Flammpunkt darf nicht unter 65° liegen.

7. Das Öl muß bei 15° gut flüssig sein. Bei Abkühlung des Öles auf 8° und ruhiger Lagerung bei dieser Temperatur dürfen sich während einer halben Stunde keine Ausscheidungen bilden.

Über manche Mißerfolge bei dem Bestreben, möglichst billige Brennstoffe dem Motorenbetrieb zugänglich zu machen, geben, speziell was das Benzol anbelangt, auch Mitteilungen von Spilker[1]) Aufschluß.

Im Rohbenzol ist ein Körper vorhanden, das Cyklopentadien, der sich nach einiger Zeit polymerisiert und verharzt. Dieser kann aus dem Rohbenzol nur durch Auswaschen auf chemischem

---

[1]) Chem.-Ztg. 1901, S. 478.

Wege mittels Alkalien und Säuren entfernt werden, nicht aber durch Destillation. Frisch destilliertes Rohbenzol hinterläßt beim Verdunsten einen Rückstand im Mittel von 0,64 g pro Kilogramm, der sich nach dreimonatlichem Lagern auf 1,86 g steigerte. Im Motor bewirken diese harzigen Bestandteile ein Verstopfen der Düsen und Verschmieren von Ventilen und Zylinder, was zu unangenehmen Betriebsstörungen Veranlassung gibt. Es müssen daher, wie dies auch Schmitz in seinem Buche über die flüssigen Brennstoffe betont, auch die mannigfachen Benzolersatzmittel — außer Autin, das ja in dieser Beziehung einwandfrei ist —, wie Ergin, Rapidin, Homogenol usw., vor allem auf die Abwesenheit dieser harzbildenden Substanzen untersucht werden, ehe man ihre Verwendung im Motor empfehlen kann.

Das Benzol hat ferner zwar einen niedrigen Entflammungspunkt, zeigt aber nur geringe Kältebeständigkeit, indem es in reinem Zustand bei 0° kristallinisch erstarrt. Allerdings besitzen die Homologen des Benzols, Toluol, Xylol usw., diese Eigenschaft nicht, weshalb die höher siedenden Handelsbenzole, die einen größeren Gehalt an solchen aufweisen, nicht so leicht erstarren. Trotzdem aber erscheint das Benzol zufolge dieser Eigenschaft als für viele Zwecke ungeeignet, z. B. als Treibmittel für Land- und Wasserfahrzeuge in der kalten Jahreszeit. Nichtsdestoweniger hat es in den letzten Jahren schon einen großen Absatz für motorische Zwecke gefunden. Man hilft sich nämlich in solchen Fällen damit, daß man den Motor zuerst mit Benzin anläßt und erst dann, wenn sich der Benzolbehälter genügend erwärmt hat, auf Benzol umschaltet.

Vielfach wurde auch, wie schon angeführt, versucht, das Benzol durch Zusatz von anderen Kohlenwasserstoffen, die den Erstarrungspunkt desselben herabsetzen, für seine Verwendung als Motortreibmittel geeigneter zu machen, besonders auch mit Zusatz von Spiritus [1]). Aus Benzol, Benzin und Spiritus lassen sich leicht Mischungen herstellen, die bei — 25° noch keine feste Ausscheidung zeigen und dabei sehr enge Siedegrenzen aufweisen, so daß sie sich besonders gut für die genannten Zwecke eignen; sie sollen in Benzinmotoren ohne Änderung des Vergasers verwendbar sein. An Stelle von solchen Zusätzen, die mit dem Benzol chemisch

---

[1]) Siehe hierzu auch S. 79.

nicht verwandt sind, erscheint zweckmäßiger eine Beimischung seiner höher siedenden Homologen. So ist z. B. das schon genannte Autin der Gewerkschaft Deutscher Kaiser zufolge seiner geeigneten Zusammenstellung aus niedrig und höher siedenden Benzolkohlenwasserstoffen sowohl kältebeständig (Erstarrungspunkt — 15° C) als auch leicht zündend, und diese letztere Eigenschaft ermöglicht ein direktes Anlassen des Motors ohne Zuhilfenahme von Benzin. Auch das Ergin, das hauptsächlich für den Betrieb von stationären Motoren bestimmt ist, ist wesentlich ein Gemisch von Benzol und seinen höheren Homologen usw.

Das Benzol wird bekanntlich schon lange in der Farbenindustrie, speziell als Ausgangsmaterial für gewisse Anilinfarben verwendet, ferner zur Erzeugung von Luftgas (Aerogengas), für Beleuchtungszwecke (zur sogenannten kalten Karburierung) usw. Seit es sich an Stelle von Benzin und Petroleum auch als Motorenbetriebsstoff bewährt hat, ist seine Produktion in steter Zunahme begriffen. So betrug diese im Deutschen Reiche im Jahre 1909 59 598 Tonnen im Werte von 7 239 009 ℳ und 1910 87 214 Tonnen im Werte von 10 228 000 ℳ.

Naphthalin muß, um als Brennstoff für Motorfahrzeuge verwendet werden zu können, bevor es im Vergaser verdampft und mit Luft gemischt werden kann, zuerst geschmolzen werden; für diesen Zweck haben sich die hierzu eingerichteten Doppelvergaser gut bewährt. Es ist nur erforderlich, die Maschine mit einem leicht flüchtigen Brennstoff anzulassen und so lange zu betreiben, bis der Inhalt des Naphthalinbehälters geschmolzen ist, und dann während des Naphthalinbetriebes darauf zu achten, daß keine größeren Pausen im Maschinenbetriebe eintreten, weil sonst der Anlaßvorgang, der übrigens nur einige Minuten dauert, wiederholt werden müßte. Der Verbrauch an leicht flüchtigem Brennstoff bleibt unter allen Umständen so gering, daß er selbst bei einer weiteren Steigerung der Benzin- oder Benzolpreise kaum in Betracht kommen würde. In Frankreich vorgenommene Versuche haben ein für weitere solche sehr ermutigendes Ergebnis geliefert.

Der Rohölmotor, welcher in seinen verschiedenen Bauarten bereits eine große Verbreitung gefunden hat, ist trotz der hohen Rohölpreise gegenwärtig als die wirtschaftlichste Betriebsanlage anzusprechen, wie dies nachstehende Zahlen für eine mittlere Anlage von 20 PS zeigen.

Es stellt sich

	bei Rohöl K	bei Leuchtgas K	bei Benzin K	bei Dampf K
der Anschaffungspreis auf . . .	7500	6800	7000	8000
der Preis für Brennstoff für einen 10stündigen Arbeitstag auf	6,75	12,00	20,00	8,50
für Schmieröl und Wasser auf	3,00	4,00	4,00	4,80
für Wartung auf	2,00	1,80	2,00	4,00
15 Proz. Verzinsung und Amort.	3,75	3,40	3,50	4,00
Betriebskosten pro Tag	15,50	21,20	29,50	21,30
der Preis für die effektive PS-Stunde auf Heller	7,75	10,60	14,75	10,65

Ein Elektromotor im Anschluß an ein Elektrizitätswerk mit landesüblichem Tarif kann mit keiner dieser Anlagen konkurrieren. Die Betriebskosten des Ölmotors dürften erst in erheblich größeren Anlagen, von mehr als 150 PS, die der Dampfmaschine erreichen. Aber auch dann bleiben ihm noch die Vorteile der steten Betriebsbereitschaft, der Konzessionsfreiheit und des Entfalles jeder behördlichen Kontrolle, der Reinlichkeit des Betriebes und der leichten Wartung. Es sind daher die genannten Bemühungen, diese Motoren auch für den Betrieb mit anderen Ölen brauchbar zu machen, von größter Wichtigkeit, mit Ölen, welche — unabhängig von der Erdölgewinnung — sich in größerer Menge als Nebenprodukte bei anderen Produktionszweigen ergeben und so für die Preisbildung des Rohöles ein geeignetes Gegengewicht bilden.

Schömburg[1]) gibt hierüber folgende Zahlen: Der Verbrauch an Teeröl stellt sich je nach Größe des Motors auf 180 bis 220 g für die effektive PS-Stunde, entsprechend 0,75 bis 0,9 ₰. Bei Teilbelastungen erhöhen sich diese Brennstoffkosten auf etwa 1,1 bis 1,5 ₰. Bei Gasmotoren betragen letztere für Vollast etwa 1,3 bis 1,5 ₰, bei Dampfmaschinen zwei- bis dreimal so viel, bezogen auf den Verbrauch an Wärmeeinheiten des betreffenden Kraftmittels. Die Betriebskosten der Teeröl-Dieselmotoren stellen sich je nach Betriebsweise und Leistungsgröße auf 2,5 bis 1,3 ₰, für die PS-Stunde, die Anlagekosten auf überschlägig 250 bis

[1]) l. c.

1700 ℳ für Motortypen von 150 bis 600 PS. An Zündöl wird etwa 13 g pro PS-Stunde zum Preise von 130 ℳ pro 100 kg benötigt.

Die Gesamtkosten einer effektiven PS-Stunde, einschließlich 8 Proz. Amortisation, 4 Proz. Verzinsung, Reparaturen, Wartung, Ölverbrauch, Kühlwasser- und Brennstoffkosten stellen sich bei 3000 Betriebsstunden im Jahr, den genannten Ölpreisen und Dreiviertel-Durchschnittsbelastung:

für eine	50-PS-Maschine	auf	4,6	bis	4,7 ₰
„ „	100 „	„	3,7	„	3,8 „
„ „	150 „	„	3,5	„	3,6 „
„ „	200 „	„	3,4	„	3,5 „

Die Drehzahlen derartiger stehender Maschinen betragen 200 bis 185 in der Minute, die Gesamtanlagekosten einschließlich Fundament, Montage, Rohrleitungen und Ölbehälter, aber ohne Maschinenhaus:

etwa 20 000 ℳ für 50 PS		etwa 43 000 ℳ für 150 PS	
„ 30 000 „ „ 100 „		„ 55 000 „ „ 200 „	

Genaue Angaben darüber finden sich in der Arbeit von Barth: „Die Wahl einer Betriebskraft“, Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1912, Nr. 42.

Von den Nebenprodukten der Destillationskokerei ist schließlich noch das Ammoniak zu erwähnen. Dieses wird für Kälte- bzw. Eismaschinen verwendet und spielt dabei eine Rolle in der Kälteindustrie, die durch Schaffung von Kühlräumen, z. B. in den Markthallen und Schlachthöfen für die Lebensmittelversorgung in den Großstädten von immer größerer Wichtigkeit ist. Es gewinnt mit der Zeit in Form von Ammonsulfat in der Landwirtschaft als Ersatz für Chilesalpeter immer größere Bedeutung, dient zur Darstellung von salpetersaurem Ammon, einem Bestandteil der Sicherheitssprengstoffe, usw.

Nach all dem Gesagten ist daher die möglichst erweiterte Produktion an Koks, Ammoniak und Teer bzw. Benzol sowohl im Interesse der Technik als auch der Landwirtschaft und in gewisser Richtung auch im Interesse der Hygiene anzustreben und die unmittelbare Verbrennung auf dem Rost deshalb möglichst einzudämmen. Es ist, wie Simmersbach dies betont, auch Pflicht der Behörden und technisch-wissenschaftlichen Vereine, der Frage der Koksfeuerung als Ersatz für Steinkohlen näher zu treten.

Wenn wir nun das im vorstehenden Gesagte in seinen hauptsächlichsten Punkten zusammenfassen, so ergibt sich daraus etwa folgendes:

Die wirtschaftliche Ausnutzung der Steinkohlen steht in ihrer ökonomischen Bedeutung unbedingt der aller anderen Brennstoffe voran. Sie dürfen daher nicht unmittelbar auf dem Rost verbrannt werden, sondern müssen nach der Art der Destillationskokerei oder Leuchtgaskokerei ausgenutzt werden. Die Gründe hierfür sind einerseits eine viel gewinnbringendere Ausnutzung an und für sich, zweitens aber neben der Gewinnung größerer Mengen von Ammoniak in Form von schwefelsaurem Ammoniak als wichtiges Düngemittel insbesondere die Erzeugung größerer Mengen von flüssigen Brennstoffen in Form von Benzol oder Teerölen, deren Verbrauch stetig steigt, weshalb bei der Entwickelung des Automobilwesens und der wachsenden Verbreitung der Verbrennungskraftmaschinen, Dieselmotoren usw., der Bedarf an denselben immer zunehmen wird. Als Vorteil dieser gewinnbringenden Verwendung ist aber außerdem noch die Möglichkeit einer allgemeineren Einführung der Koksfeuerung und dadurch die wesentliche Herabminderung der Ruß- und Rauchplage zu betrachten, da ja entgaste Brennstoffe (Koks), sowie Heizgas selbst aus bekannten Gründen bei ihrer Verbrennung keinen Ruß entwickeln.

Die dargelegten Zwecke könnten nun vielleicht dadurch erreicht werden, daß durch entsprechende Maßnahmen nach und nach alle Städte, die gegen 40000 Einwohner und darüber besitzen, dazu veranlaßt werden, Destillations- oder Leuchtgaskokerei zu errichten, welche die Gesamtmenge an Mineralkohlen bzw. Steinkohlen, die in den betreffenden Städten jährlich verbraucht werden, entgasen. Da durch die Verwendung von billigem Koks und billigem Heizgas die Besitzer technischer Betriebe und die einzelnen Wohnparteien wirtschaftlich nicht höher belastet würden, so könnte die betreffende Stadt die Verfügung treffen, daß innerhalb derselben nur Koks bzw. Heizgas für Heizzwecke verwendet wird. Allerdings ist die Einwohnerzahl nicht maßgebend, da ja die Art der in den Städten betriebenen Industrien in der Richtung eine Rolle spielt; in manchen Städten würde schon bei kleinerer Einwohnerzahl ein derartiges Unternehmen sich entsprechend verzinsen, jedenfalls dürfte dies aber bei der genannten Einwohnerzahl der Fall sein. Städte, die sich in nicht allzu großer Entfernung von Steinkohlenbergwerken befinden, könnten mit diesen Verträge abschließen, um an Ort und Stelle der Kohlengewinnung

solche Anstalten zu errichten, die gewissermaßen als Überlandzentralen diese Städte selbst und das umliegende Gebiet mit entgastem Brennmaterial und Heiz- und Kraftgas versehen, nach der schon von Bunte ausgesprochenen Devise: „Heize mit Koks und koche mit Gas". Dadurch würde auch die Produktion an flüssigen Brennstoffen dem steigenden Bedarf entsprechend vermehrt werden können.

C. Der Spiritus.

Eine intensivere Ausnutzung der Sonnenenergie, als sie durch die bisherigen Sonnenkraftmaschinen usw. möglich ist, läßt sich derzeit nur durch Vermittelung der Pflanzen denken, die ja auch schon in längst vergangenen Erdepochen der Akkumulator für dieselbe waren.

Pflanzen können auf dem weitaus größten Teil der Erdoberfläche gebaut werden. Ihr Hauptbestandteil, die Zellulose, ist jedoch zur unmittelbaren Erzeugung von technischer Energie nicht geeignet, da sie zufolge ihrer Zusammensetzung keinen großen kalorischen Wert besitzt. Denn erstens ist der Wasserstoff in derselben gewissermaßen schon innerlich durch den Sauerstoff verbrannt, und dann absorbiert das bei ihrer Verbrennung sich reichlich bildende Wasser einen beträchtlichen Teil der entwickelten Wärme.

Auch ein zweiter Stoff, welcher in vielen Pflanzen in großer Menge angehäuft ist, die Stärke, eignet sich durch ihre Zusammensetzung ebenfalls nicht ohne weiteres zur Erzeugung kalorischer Energie. Man kann jedoch daraus nach ihrer verhältnismäßig leicht durchführbaren Umwandlung in Zucker Alkohol darstellen, welcher in verschiedenen Verdünnungsverhältnissen mit Wasser als Spiritus, namentlich auch wegen seines höheren Kalorienwertes bereits seit längerem der nahezu wichtigste Artikel der landwirtschaftlichen Industrien ist. 1 kg absoluter Alkohol liefert bei seiner Verbrennung 7068 WE, wovon durch den entstehenden Wasserdampf 704 WE gebunden werden, so daß für die praktische Ausnutzung noch 6364 WE übrig bleiben.

Wie bereits früher ausgeführt, sind die Erdölvorräte der Welt noch sehr erhebliche, und man kann auch mit Sicherheit annehmen, daß noch bedeutende neue Lagerstätten von Erdöl gefunden werden, so daß in dieser Hinsicht auf Jahrhunderte hinaus

Besorgnisse wegen Erschöpfung oder Abnahme wohl nicht zu hegen sind. Es ist jedoch dabei in Betracht zu ziehen, daß manche große Staaten fast gar kein Erdöl besitzen, welcher Umstand natürlich der Anwendung desselben als Brennstoff und Treibmittel daselbst hindernd im Wege steht. Hier ist nun als anderer flüssiger Brennstoff auch der Spiritus dazu berufen, jenes zu ersetzen und in größerem Maße zur Erzeugung von Kraft, Licht und Wärme herangezogen zu werden.

Tatsächlich ist der Alkohol in Ländern, welche eine hochentwickelte Spiritusindustrie besitzen, schon lange eine Energiequelle für den Motorenbetrieb, und im Studium seiner Verwendbarkeit für Kraftzwecke gingen vor allem die Staaten voran, welche, keine Erdölquellen besitzend, auf den Import flüssiger Heizstoffe angewiesen sind, in erster Linie Deutschland und Frankreich. Wenn man bedenkt, daß der Jahresbedarf von Deutschland an Petroleum für Licht- und Kraftzwecke etwa 1000 Mill. Liter beträgt, so ist es begreiflich, daß vor allen dieses Land in der Spiritusverwertung neue Wege suchte. Diese hatten aber erst dann eine größere Aussicht auf Erfolg, als sich die Spiritusfabrikanten selbst für die Sache zu interessieren begannen.

Günstige Verhältnisse hierfür wurden in Deutschland seit 1. April 1899 durch die Gründung des Verwertungsverbandes Deutscher Spiritusfabrikanten geschaffen. Dieser Verband umfaßt den weitaus größten Teil aller deutschen Brennereien und bezweckt eine Normierung des Spirituspreises im ganzen Deutschen Reiche, besonders eine Regelung des Verkaufes von solchem für technische Zwecke, so daß dadurch seine Konkurrenz mit dem Petroleum ermöglicht wurde. Der Preis betrug in den darauffolgenden Jahren etwa 20 bis 21 ℳ pro 100 Liter 90proz. Spiritus franko jeder Bahnstation Deutschlands bei Abnahme von 5000 kg und Lieferung der Gebinde. Infolge dieser Preisreduktion haben sich damals die Kosten der Krafterzeugung pro Stundenpferdestärke durch Spiritus und Petroleum bzw. Dampf ziemlich gleichgestellt.

Hinsichtlich der Wärmeverwertung steht heute der Spiritusmotor an der Spitze aller Explosionsmotoren, also überhaupt aller Wärmemotoren, und zwar hat sich dabei gerade eine scheinbar nachteilige Eigenschaft desselben, sein relativ geringerer Heizwert, als vorteilhaft erwiesen. Es müssen nämlich die Explosionsmotoren mit kaltem Wasser gekühlt werden, weil bei der Explosion

des Gemisches von Leuchtgas oder Benzin mit Luft so hohe Temperaturen entstehen, daß unsere Schmiermittel diese nicht vertragen und die Zylinderwandungen glühend würden. In dieses Kühlwasser nun gehen bis 40 Proz. derjenigen Wärmemenge über, welche eigentlich zur Erzeugung von Arbeit hätte verwendet werden sollen. Es ist begreiflich, daß auf diese Weise um so mehr von dem Heizwert eines Brennstoffes verloren geht, je größer derselbe ist, und daß sich da gerade der verhältnismäßig geringe Heizwert des Spiritus vorteilhaft bemerkbar macht.

Außerdem aber sprechen auch noch andere Eigenschaften zu seinen Gunsten. Der Spiritus ist ein viel gleichmäßigeres Produkt als das Erdöl, und er hinterläßt nur geringe Verbrennungsrückstände, wodurch der Betrieb mit ihm ein reinerer, vor allem aber auch ein geruchloserer ist.

Durch Verbesserung der Konstruktionen wurde ferner der Verbrauch an Spiritus pro Pferdekraft und Stunde bis auf einen Mittelwert von etwa 0,39 kg vermindert. Versuche mit Zusätzen von Benzol ergaben, daß der Wirkungsgrad bis zu einem Benzolzusatz von 20 Proz. ein günstigerer ist, daß aber derselbe darüber hinaus nicht verbessert, der Brennstoffverbrauch also vergrößert wird. Gegenüber gleich großen Benzinmotoren zeigten diese Spiritusmotoren eine bis zu 25 Proz. größere Kraftleistung, außerdem war die Verbrennung des Spiritus-Benzolgemisches eine vollkommenere, die Auspuffgase geruchloser, der Betrieb ein saubererer.

Ormandy[1]) berichtet über Versuche, die auf seine Veranlassung von einer englischen Automobilfabrik mit Benzin, Benzol und Benzol-Alkoholgemischen angestellt wurden. Bei 1000 Umdrehungen in der Minute erzeugte der Motor mit Benzol allein 1,25 Proz. Kraft weniger als mit Benzin, verbrauchte aber 15,5 Proz. weniger Brennstoff. Bei 50 Proz. Benzol-Alkoholgemisch war die Krafterzeugung um 1 Proz. geringer, aber auch der Brennstoffverbrauch um 3,7 Proz. kleiner. Bei der Mischung $^1/_3$ Benzol und $^2/_3$ Alkohol blieb die Krafterzeugung um 8 Proz. hinter der mit Benzin erzeugten zurück, und der Brennstoffverbrauch war um 8,9 Proz. höher, und bei einer Mischung von $^1/_4$ Benzol mit $^3/_4$ Alkohol war die Kraft um 8,5 Proz. kleiner, der Verbrauch um 24,5 Proz. höher. Die Prozentzahlen beziehen sich auf Volumina.

---

[1]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1914, S. 177. Siehe hierzu auch S. 72.

Der Verfasser regt auf Grund der erhaltenen Zahlen an, Versuche mit möglichster Ausschaltung von Benzol anzustellen und dahin zu streben, daß der Alkohol als alleiniger Brennstoff zur Verwendung gelangt. Er glaubt aber nicht, daß der Zusatz kleiner Mengen von Benzol zu umgehen sein wird.

Auch Critchley[1]) behandelt die Aussichten des Alkohols als Motorenbrennstoff gegenüber Benzin und Benzol. Seiner Ansicht nach sind diese deswegen geringer, weil jener einen ungefähr um die Hälfte geringeren Heizwert hat als das Benzin, und außerdem das zu 10 Proz. im Alkohol enthaltene Wasser einen erhöhten Wärmeverbrauch des Vergasers bedingt. Ferner müßte auch die Frage der Denaturierungsmittel im Sinne der Motorenindustrie geregelt und entsprechende Steuerfreiheit gewährt werden.

Natürlich können die Spiritusmotoren, wie alle mit flüssigen Brennstoffen arbeitenden Motoren, bei größeren Anlagen gegen die Dampfmaschinen vorläufig nicht aufkommen, wohl aber sind sie den Petroleum- und Benzinmotoren gegenüber bereits konkurrenzfähig. Unter der Annahme, daß Anschaffung, Unterhaltung, Wartung und Schmierung für Petroleum-, Benzin- und Spiritusmotoren beiläufig dasselbe kosten, stellen sich in Deutschland bei einem 10pferdigen Motor die Kosten einer Pferdekraft pro Stunde für Petroleum- und Spiritusmotoren vollkommen gleich, nämlich auf etwa 10 ₰, für Benzinmotoren etwas höher, nämlich auf ungefähr 13 ₰ pro Pferdekraft und Stunde.

Die Spiritusmotoren dürften sich besonders an solchen Orten, wo andere Brennstoffe, wie Kohle, Petroleum, Benzin, teurer zu stehen kommen als Spiritus, namentlich für kleinere Leistungen immer mehr Eingang verschaffen. So erscheint, wie z. B. schon die Landwirtschaftliche Ausstellung in Halle a. S. 1901 gezeigt hat, die Verwendung von Spiritus insbesondere für Lokomobile angezeigt, da diese für landwirtschaftliche Betriebe von besonderer Bedeutung sind. Von 49 ausgestellten Maschinen mit 442 PS Gesamtleistung waren 29 Lokomobile mit 300 PS Leistung. Für Motorfahrzeuge dürfte sich Spiritus schon aus dem Grunde besser als Benzin eignen, um den widerwärtigen Geruch zu beseitigen, welchen die mit Benzin betriebenen Fahrzeuge verursachen.

Die großen Hoffnungen, die man anläßlich der letzten internationalen Ausstellung für Spiritus und die Gärungsgewerbe in

[1]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1914, S. 177.

Wien 1904 hegte, hat der Spiritusmotor bis jetzt allerdings noch nicht erfüllt, doch liegt der Grund davon nicht in technischen Momenten, sondern in den Preisverhältnissen, die sich ja immer ändern können. Trotzdem wurden in Deutschland schon im Jahre 1902/03 von dem zum steuerfreien Verbrauch bestimmten Quantum Spiritus nahezu $^3/_4$ zur Erzeugung von Licht, Wärme und Kraft verbraucht, und seitdem ist die Verwendung zu diesem Zweck in fortwährender Steigerung begriffen. Auch hat er derzeit bereits zwar nicht als solcher, wohl aber im Gemisch mit anderen Treibmitteln, besonders mit Benzol, im Automobilbetrieb Verwendung gefunden.

An eine erheblichere Herabsetzung der Spirituspreise ist nun unter den derzeitigen Verhältnissen nicht zu denken, es muß deshalb darauf hingewiesen werden, wie unzweckmäßig es wäre, die Spirituserzeugung durch irgendwelche Maßnahmen in ihrer Entwickelung zu behindern. Denn die Spiritusbrennerei, die aus bekannten Gründen als das wichtigste landwirtschaftliche Gewerbe angesehen werden muß, wird zweifellos in der Zukunft auch in der Technik und Industrie noch eine größere Bedeutung haben, als dies gegenwärtig der Fall ist, da der Spiritus unter gewissen Verhältnissen als Quelle für technische Energie ganz gewiß konkurrenzfähig werden wird.

Es muß dabei in Betracht gezogen werden, daß das Problem der Darstellung von Spiritus aus Zellulose bzw. Holzabfällen, aus gewissen Torfen usw., mit dem sich schon seit langem verschiedene Forscher, wie z. B. Simonsen, Classen, Roth-Genzen usw., befassen, in absehbarer Zeit der Lösung entgegengeführt werden dürfte. Auch die Gewinnung von Spiritus aus den großen Mengen der Kocherlaugen der Sulfitzellulosefabrikation, die jetzt z. B. in Schweden über das Versuchsstadium hinaus ist, wird voraussichtlich auch in anderen Ländern eine allgemeinere Verbreitung finden.

In Schweden erfolgt die nutzbringende Verwertung der genannten Abfallaugen, die für jede Tonne Holzmasse 10 Tonnen ausmachen, in der Weise, daß man sie mit Calciumcarbonat neutralisiert und dann Hefe zusetzt; nach vollendeter Gärung wird der entstandene Alkohol aus der Flüssigkeit in gewöhnlicher Weise gewonnen. Man erhält so aus 1000 Gall. (= 3785 Liter) Lauge 6 Gall. (= 22,7 Liter) 100 proz. Alkohol, oder bei Erzeugung von 1 Tonne (= 907,2 kg) Zellulose ungefähr 14 Gall. (= 53 Liter) Alkohol, welcher als Brennspiritus und für technische Zwecke Verwendung findet.

Dieser Industriezweig wird durch die Regelung der Alkoholsteuer begünstigt. Würde das Verfahren auf alle schwedischen Sulfitwerke ausgedehnt, so ließen sich im Jahre ungefähr $3^1/_2$ Mill. Gall. (= $12^1/_4$ Mill. Liter) Alkohol erzeugen, jedoch würde für eine so große Menge in Schweden derzeit wohl kaum Absatz zu finden sein.

Jedenfalls aber besitzen wir dadurch ein weiteres Ausgangsmaterial für die Alkoholgewinnung, welches von der Sonnenenergie in ausreichendem Maße erzeugt wird, und es ist dadurch die Möglichkeit geboten, daß sich die Verwendung des Alkohols als Quelle zur Erzeugung von technischer Energie auf einen größeren Teil der Erde erstrecken wird.

D. Die fetten Öle.

Von einer gewissen Wichtigkeit für die in Rede stehenden Fragen ist auch die erst in der letzteren Zeit erkannte Möglichkeit, auch fette pflanzliche und tierische Öle zu motorischen Zwecken heranziehen zu können. Im Jahre 1900 war in der Pariser Ausstellung von der französischen Otto-Gesellschaft ein kleiner Dieselmotor aufgestellt, der auf Veranlassung der französischen Regierung ständig mit Arachiden-(Erdnuß-)Öl betrieben wurde. Der Motor war für Erdöl gebaut und ohne jede Veränderung für das Pflanzenöl verwendet worden. Die Regierung hatte dabei die Verwertung der in den afrikanischen Kolonien in großen Mengen vorkommenden und leicht zu kultivierenden Erdnuß (Arachis hypogaea L.) im Auge, weil auf diese Weise die Kolonien aus eigenen Mitteln mit Kraft für die Industrie versorgt werden könnten, ohne genötigt zu sein, Kohle oder flüssige Brennstoffe einzuführen.

Ähnliche Versuche mit gleich gutem Erfolg wurden unter anderem auch in St. Petersburg mit Ricinusöl vorgenommen, und auch tierische Öle, wie Fischtran, wurden ebenfalls mit bestem Erfolg probiert.

Die schon mehrfach erwähnten Untersuchungen von Constam und Schläpfer ergaben, daß die Pflanzenöle zwar einen sehr hohen Siede-, Flamm- und Brennpunkt besitzen, daß aber ihre Selbstentzündungstemperatur sehr niedrig liegt, was an sich schon beweist, daß sie sich auch im Dieselmotor leicht entzünden und ohne Hilfsstoff verbrennen.

Diese heute noch unscheinbar aussehende Tatsache der Verwertbarkeit von fetten Ölen pflanzlichen und tierischen Ursprunges kann unter Umständen im Laufe der Zeit vielleicht dieselbe Wichtigkeit erlangen, wie sie heute das Erdöl und die Teererzeugnisse haben. Mit letzteren war man bis vor kurzem noch nicht weiter als heute mit den fetten Ölen, und wie wichtig sind sie mittlerweile geworden!

Es eröffnen sich nämlich dadurch für die Bewirtschaftung und Industrialisierung der meisten Kolonialländer bei Einführung des Dieselmotors und ähnlicher Motorensysteme ganz neue Perspektiven. Diese können durch die eigenen Erzeugnisse der Kolonien betrieben werden, und durch den intensiveren Anbau der ölliefernden Pflanzen wird die weitere Ausbildung der Landwirtschaft in den betreffenden Gebieten wieder günstig beeinflußt. Aber auch in anderen Ländern ist es nur eine Preisfrage, ob dort die fetten Öle mit den anderen flüssigen Brennstoffen konkurrieren können. Ihre Verbrennungswärme, im Durchschnitt 9000 Kal., steht gegen die der analogen Brennstoffe nicht oder nur unwesentlich zurück. In Ländergebieten, wo kein oder nur wenig Erdöl vorkommt und infolge des Mangels einer entwickelten Steinkohlenindustrie auch Benzol oder Teeröle nur in sehr geringen Mengen produziert werden, können sich die Preisverhältnisse bei dem zweifellos fort steigenden Bedarf an geeigneten flüssigen Brennstoffen schließlich einmal immerhin so stellen, daß die fetten Öle als Motorbrennstoffe konkurrieren könnten. Dieser Zeitpunkt kann in den verschiedenen Ländergebieten früher oder später kommen.

Bei den gegenwärtigen Preisverhältnissen der Roherdöle und anderer Kohlenwasserstoffbrennstoffe und der fetten Öle ist an eine Konkurrenz derselben für den Betrieb von Verbrennungsmotoren gewiß nicht zu denken. Insbesondere ist dies in Deutschland bei seiner großen Produktion an Benzol und Teerölen und in Österreich infolge seiner Erdölproduktion nicht der Fall. Ferner ist sowohl in der Seifen- als auch in der Speisefettindustrie die Nachfrage nach fetten Ölen eine stets wachsende, und selbst die Verwendung von geblasenem Rüböl zur Darstellung von Marineöl wird als ein Luxus betrachtet. Auch werden in den letzten Jahren Veredelungsverfahren für fette Öle zum Patent angemeldet, und man versucht, selbst aus den minderwertigsten Abfällen ein für